

**APRUEBA METODOLOGÍA DE BALANCE DE MASA DE  
ARSÉNICO Y AZUFRE DE LA FUNDICIÓN CHAGRES.**

**RESOLUCIÓN EXENTA N° 1206**

**SANTIAGO 23 DIC 2015**

**VISTOS:**

Lo dispuesto en el artículo segundo de la Ley N° 20.417, que fija el texto de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente; la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente; la Ley N° 19.880, que establece las Bases de los Procedimientos Administrativos que rigen los Actos de los Órganos de la Administración del Estado; el Decreto con Fuerza de Ley N° 3, del año 2010, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que Fija la Planta de la Superintendencia del Medio Ambiente; el Decreto Supremo N° 28, de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente, que establece norma de emisión para fundiciones de cobre y fuentes emisoras de arsénico; en la Resolución Exenta N°544, de 2014, en que se delegan facultades al Jefe de la División de Fiscalización; en la Resolución N° 1.600, de 30 de octubre 2008, de la Contraloría General de la República, que fija normas sobre exención del trámite de toma de razón.

**CONSIDERANDO:**

1º La Superintendencia del Medio Ambiente es el servicio público creado para ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización de los instrumentos de carácter ambiental que establece la ley, entre los cuales se encuentran las normas de emisión;

2º El Decreto Supremo 28, de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente, que establece que para determinar las emisiones de azufre y arsénico, las fuentes emisoras deberán realizar un balance de masa, cuya metodología debe ser presentada a la Superintendencia del Medio Ambiente para su aprobación;

3º La Resolución Exenta N° 694, de 2015, de la Superintendencia del Medio Ambiente, que aprueba el protocolo para validación de metodologías de balance de masa de arsénico y azufre que las fuentes emisoras deben realizar de acuerdo al D.S. 28/2013 MMA;

4º Que, mediante carta conductora S-AAS602-1015-0275, del 22 de Octubre de 2015, la Fundición Anglo American Sur S.A.- División Chagres, presentó su metodología de estimación de emisiones, de acuerdo a lo indicado en el considerando anterior.

5º Que, como resultado de la revisión y evaluación de dichos antecedentes, se ha determinado que estos cumplen con los requisitos establecidos por esta Superintendencia.



Superintendencia  
del Medio Ambiente  
Gobierno de Chile

**RESUELVO:**

**PRIMERO. APRUEBESE** el documento técnico “Metodología de Balance de Arsénico y Azufre”, presentado por la Fundición Anglo American Sur S.A.- División Chagres, el que ha sido revisado y evaluado por esta Superintendencia, y cuyo texto íntegro se acompaña a la presente resolución, entendiéndose parte de la misma.

La fuente emisora deberá implementar el balance de masa en los términos aprobados por esta Superintendencia, debiendo informar y justificar toda modificación a la metodología aprobada.

La fuente emisora deberá informar además las mejoras tecnológicas que se puedan implementar en el transcurso del tiempo, tanto a los sistemas de abatimiento de emisiones, como al proceso productivo y que sean motivo de modificación de la metodología presentada.

**SEGUNDO. INSTRUYASE** al titular de la fuente emisora incluir en el reporte mensual todos los contenidos establecidos en el artículo 16 del Decreto Supremo 28, de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente, sin perjuicio de posteriores instrucciones específicas que dicte esta Superintendencia al respecto.

**ANÓTESE, COMUNÍQUESE, NOTIFÍQUESE Y CÚMPLASE.**



**DISTRIBUCIÓN:**

1. Pedro Reyes Figueroa, representante legal Fundición Chagres, Camino Catemu S/N Sector Chagres, Catemu. V Región.

**C.C.:**

2. División de Fiscalización SMA.
3. Oficina de Partes SMA.



## **METODOLOGÍA DE BALANCE DE AZUFRE Y ARSÉNICO**

**OPERACIÓN CHAGRES**

**ANGLO AMERICAN SUR S.A.**

**OCTUBRE 2015**



## I. INTRODUCCIÓN

Anglo American es dueña de Anglo American Sur S.A. a la que a su vez pertenece Operación Chagres. Se localiza en la V Región de Valparaíso, Comuna de Catemu, 6 km al norte de la localidad de Llay-Llay.

El sector poblado más cercano se encuentra en la localidad de Catemu, ubicada al norte, a 3.5 km de distancia aproximadamente.

A Operación de Chagres se accede por la Ruta 5 y posteriormente por la Ruta CH-60, hacia el oriente. La Figura N°17 muestra el emplazamiento de sus instalaciones y los caminos de acceso.

Operación Chagres funciona desde 1917 en esta ubicación con sucesivas modernizaciones hasta su actual configuración. Su diseño considera una capacidad de Fusión de unas 600.000 a 650.000 ton de concentrados de cobre con una producción de alrededor de 184.000 ton de cobre en calidad de ánodos y unas 550.000 a 600.000 ton de ácido sulfúrico en el periodo de un año.

La concreción del último proyecto importante, el “Proyecto de Optimización” construido durante el 2005 con una puesta en marcha hasta el 2007, moderniza las instalaciones para procesar concentrados de cobre.



## II. RESUMEN

Este documento presenta la Metodología de Balance de Masa de Arsénico y Azufre de Fundición Chagres, de acuerdo a lo establecido en la Resolución Exenta N° 694 del 21 de Agosto de 2015, de la Superintendencia de Medio Ambiente.

Operación Chagres opera un proceso de fusión, conversión y refino a fuego, para producir el cobre anódico que comercializa. Sus principales unidades operativas se componen de: Proceso de Fusión, Producción de Ánodos y Producción de Ácido Sulfúrico, los cuales son contenidos dentro del límite del sistema definido sobre el cual se calculan los balances básicos de Azufre y Arsénico.

El balance se realiza sobre un modelo de nodos y flujos que representan adecuadamente el proceso productivo. Los nodos se obtienen definiendo los límites de los sub-procesos que configuran el proceso productivo. Los límites se establecen de tal forma que las circulaciones internas de difícil determinación, no afecten la calidad del balance. Para cada nodo productivo se definen los flujos de entrada/salida y los lugares de acopio de las existencias del material en proceso y de circulación interna.

El Balance Mensual de Azufre y Arsénico se realiza en tres etapas consecutivas:

- 1) Obtención y validación de la información base.
- 2) Balance básico de cobre y fierro, y ajuste mediante método matemático para los flujos e inventarios considerados en el balance
- 3) Balance de arsénico y azufre en base a valores ajustados en el paso anterior.

La información base que utiliza el Balance de As y S está constituida por la caracterización de los flujos durante el período en que se calcula el balance y de las existencias al final del mes.

Los ajustes de la Información Base se realizan a través de un algoritmo de ajuste incorporado en el modelo matemático del balance, que aplica el método de Lagrange para encontrar la Información ajustada óptima.



## 1. INFORMACIÓN DEL TITULAR DE LA FUENTE

Titular de la Fuente	ANGLO AMERICAN SUR S.A.
RUT	77.762.940-9
Identificación de la Fuente	FUNDICIÓN CHAGRES
Dirección	Camino Catemu S/N Sector Chagres
Región	Valparaíso
Provincia	San Felipe
Comuna	Catemu
Correo electrónico	<a href="mailto:Jorge.moreno@angloamerican.com">Jorge.moreno@angloamerican.com</a>
Teléfono	(56-2) 22306000
Representante Legal	Pedro Alberto Reyes Figueroa
C. Identidad	7.794.170-3
Teléfono	(56-2) 22306000
Correo Electrónico	<a href="mailto:pedroa.reyesf@angloamerican.com">pedroa.reyesf@angloamerican.com</a>

## 2. OPERACIONES UNITARIAS

Operación Chagres opera un proceso de fusión, conversión y refino a fuego, para producir el cobre anódico que comercializa. Las operaciones unitarias que utiliza cada proceso, se describen a continuación, indicando en cada caso, el número y tipo de equipos involucrados.

### 2.1 PROCESO DE FUSIÓN

#### a) SISTEMA RECEPCION DE CONCENTRADOS

Operación Chagres, recepciona parte de la producción de las plantas concentradoras de Anglo American Sur S.A. (Los Bronces y El Soldado) y eventualmente concentrados de terceros. El concentrado se transporta en camiones hasta Operación Chagres, donde se pesa en bascula, muestrea y almacena en las tolvas de la nave de "Preparación y acondicionamiento de carga", ubicada en el área sur. Operación Chagres dispone de 16 tolvas con capacidad de diseño de 1.000t cada una.

#### b) SISTEMA CARGA DE CONCENTRADOS

Los concentrados de diferentes calidades se mezclan en un sistema de 2 silos cuya capacidad de diseño es de 500 t cada uno y 1 silo de 375 t de capacidad de diseño (para concentrados propios y de terceros). La mezcla, a la que se le agrega fundente silíceo, se transporta mediante correas a los secadores de vapor. El protocolo de operación establece que para cerrar los balances de pesos secos y finos, tanto los silos como las correas, deben estar vacías.

La capacidad de diseño de secador es de 5.200 kg de agua por hora. En promedio, el concentrado ingresa al proceso de secado con una humedad de 10% y sale con una humedad inferior al 0,2%. La carga seca se harnea y el sistema neumático la transporta primero a una tolva almacenamiento de 400 ton y luego a 2 Silos dosificadores, para su ingreso al Horno de Fusión Flash.

#### c) HORNO FUSIÓN FLASH (FSF)

El horno FSF recibe mezcla procedente de los silos dosificadores y del sistema de carga circulante. La fusión entrega eje y escoria, con leyes de diseño de 62% Cu, y de 2 a 3 % Cu, respectivamente. Operación Chagres dispone de un horno Flash con capacidad de diseño para fundir 1.790 tms por día.

El eje producido se retira en ollas de 4 m<sup>3</sup> y se envía mediante el uso de grúas a los Convertidores Peirce Smith (CPS), ingresando a la etapa de soplado a escoria. La escoria generada en el Horno FSF, es derivada a los Hornos de Limpieza de Escoria (HLE), mediante el empleo de canaletas.

Los gases ricos en SO<sub>2</sub>, se captan y enfrián en una caldera recuperadora de calor, a menos de 400°C, antes de entrar al precipitador electrostático. Los gases, libres de polvos, se unen a los gases provenientes de los convertidores en la cámara de mezcla, para luego pasar a proceso en

Planta de Ácido sulfúrico. Chagres dispone de una Planta de Ácido de doble absorción con capacidad de diseño para tratar 150.000 Nm<sup>3</sup>/h de gas.

**d) HORNOS LIMPIEZA DE ESCORIA (HLE)**

Los hornos HLE reciben escoria del Horno FSF y de los CPS (escoria proveniente de la etapa de soplado a escoria), efectuando una reducción y sedimentación de la misma, para entregar plateado con una ley aproximada de un 62% Cu para los CPS y una escoria a botadero, con un contenido de cobre entre 0.8% y 2%.

El plateado producido por los HLE es retirado en ollas de 4 m<sup>3</sup>, las cuales son transportadas hacia los CPS mediante las grúas de la nave, ingresando a la etapa de soplado a escoria. En tanto, la escoria producida por los HLE es enviada a piscinas de enfriamiento y posteriormente a botadero. El traslado se realiza en ollas de 14 m<sup>3</sup>, montadas sobre camión especialmente acondicionado para transporte de escoria.

Los HLE son hornos basculantes en que se aplica el Proceso Teniente para la limpieza pirometalúrgica de escorias de fusión y/o conversión. Chagres cuenta con 2 HLE de 13' x 26', con capacidad de diseño para procesar 70 Ton de escoria por Ciclo a razón de 15 ciclos/Día.

**e) CONVERTIDORES PEIRCE-SMITH (CPS)**

Los convertidores reciben distintos materiales líquidos y sólidos, dependiendo de la etapa de soplado en que se encuentren. Así por ejemplo, en la etapa de soplado a escoria los CPS reciben eje del FSF y el plateado de los HLE. En esta etapa, se alimenta además, escoria oxidada de la etapa de soplado a cobre del otro CPS y productos intermedios con alto contenido de cobre. En la etapa de soplado a cobre los CPS reciben la escoria oxidada proveniente de los Hornos de Ánodos y productos intermedios con alto contenido de cobre.

El proceso de conversión genera tres tipos de productos: Cobre blister con un contenido de cobre con ley de cobre superior a 97%, escoria fayalítica resultante de la primera etapa de conversión (soplado a escoria), con ley de cobre entre 3% y 4% y escoria oxidada, rica en cobre (45% Cu app), producto de la etapa de soplado a cobre.

La escoria generada en la etapa de soplado a escoria es vaciada en ollas de 4 m<sup>3</sup> y es transportada por las grúas de la nave hacia el HLE que se encuentre en la etapa de alimentación de escoria. Por su parte, la escoria oxidada generada en la etapa de soplado a cobre, es retirada en ollas de 4 m<sup>3</sup> y alimentada al CPS que se encuentre en la etapa de soplado a escoria. Finalmente, el cobre blister producido por los CPS es descargado en ollas de 4 m<sup>3</sup> y transportado mediante el uso de las grúas hacia los Hornos de Ánodos.

Operación Chagres cuenta con 4 CPS de 10' x 24' con capacidad de diseño para producir 37 Ton de Cobre Blister por Carrera a razón de 16 carreras/día. Las unidades operan, según diseño con 2 CPS en chimenea, 1 CPS stand by en caliente y 1 CPS en Mantención.



## 2.2 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ANODOS

El proceso de refino produce cobre anódico con moldeo en forma de ánodos. La calidad, tanto física como química, permite su comercialización.

### a) HORNOS DE ANODOS (HA)

Los hornos de ánodos reciben el cobre blister procedente de los CPS y lo someten al proceso de refinación a fuego, consistente en 2 etapas sucesivas, una de oxidación y otra de reducción, entregando un cobre anódico con un contenido de cobre de un 99.7% y una escoria de refino con una ley de cobre del orden del 45%.

Chagres cuenta con 2 Hornos de Ánodos, del tipo basculante de 13' x 23', con capacidad de diseño para procesar 180 Ton de Cobre Blister por Ciclo, a razón de 3 a 4 Ciclos por día

### b) RUEDA DE MOLDEO (RM)

El cobre anódico producido en el proceso de refinación a fuego se descarga por canaleta a la rueda de moldeo. La escoria resultante de la etapa de oxidación, es retornada a un CPS que se encuentre en la etapa de soplado a cobre, mediante la utilización de ollas de 4 m<sup>3</sup>.

El cobre anódico producido se comercializa, ya sea en el mercado internacional y/o local.

Chagres dispone de una RM de 16 moldes con una capacidad de diseño de 36 toneladas por hora.

## 2.3 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ACIDO SULFURICO

La operación del Horno FSF y de los CPS, genera gases ricos en SO<sub>2</sub> que son captados y transportados hacia la Planta de Acido, a partir de los cuales se produce ácido sulfúrico grado A y C. Ambos productos se comercializan en el mercado nacional.

El Acido Sulfúrico grado A, es un ácido de alta concentración de diseño (98 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), cuyo principal consumidor es la industria papelera.

El Acido Sulfúrico grado C, es un ácido de baja concentración de diseño (50% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ), cuyo principal consumidor es la minería de cobre.



**AngloAmerican**

### **3. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO**

Las corrientes básicas y los equipos involucrados en los procesos que ejecuta Operación Chagres, se muestran en el diagrama de flujo de la Figura N°1. El diagrama de flujo indica además, los sectores de acopio del material alimentado y los puntos de muestreo de las corrientes medidas.

El límite del sistema sobre el cual se calculan los balances básicos de Azufre y Arsénico, se marca sobre el diagrama de flujos con línea cerrada de color azul.

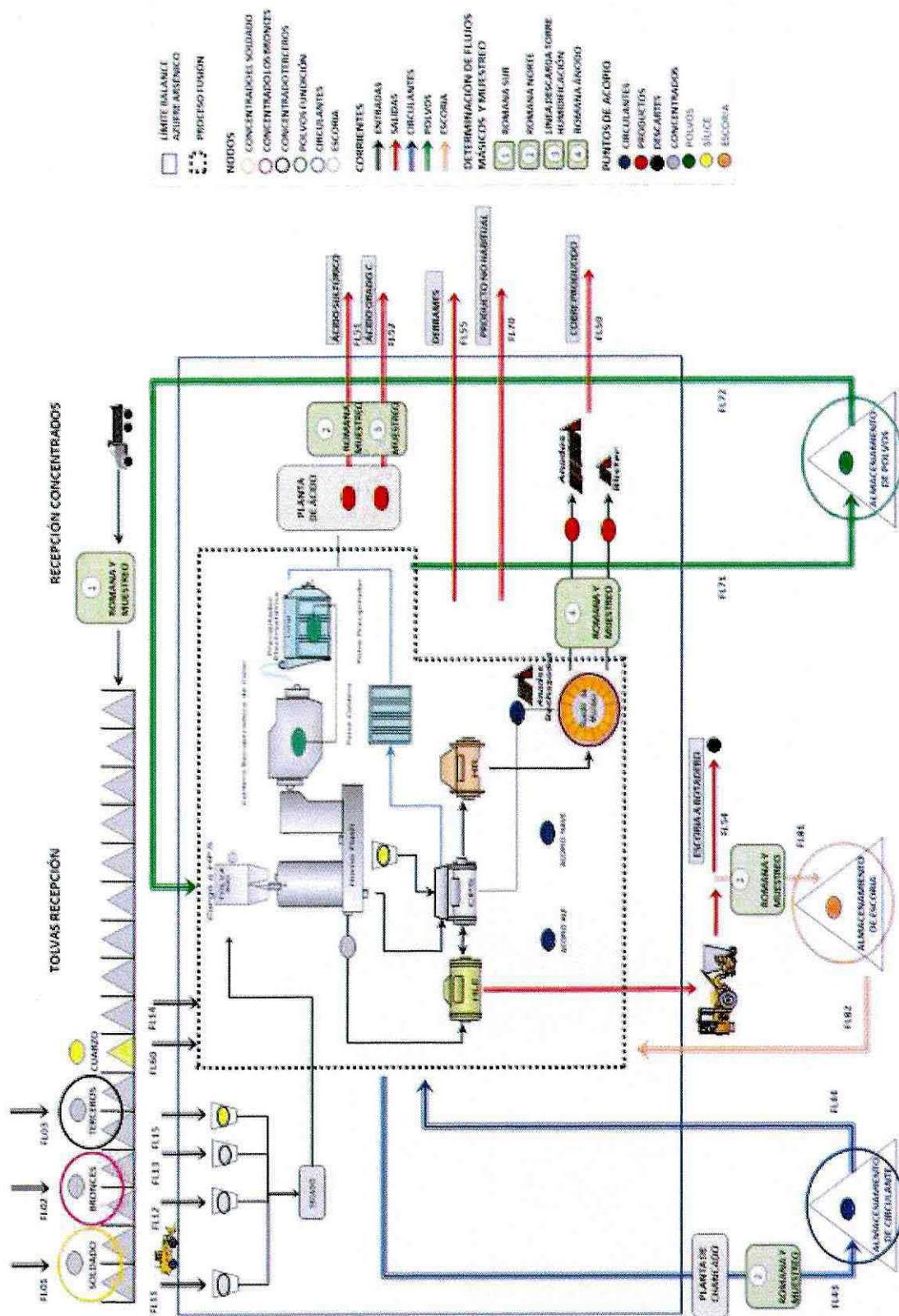


Figura N°1: Diagrama de flujo del proceso fundición

**TABLA N° 1: Descripción de equipos e instalaciones**

Equipo/Instalación	Cantidad	Dimensiones	Capacidad Nominal	Marca/Modelo	Año Instalación
Secadores	2	Especificación Diseño: Presión Max. Trabajo 290,1 Psi Temperatura max. trabajo 212 °C Diámetro: 2.77 m Largo entre ejes: 9.67 m	82.5 tsph c/u	Multicoil Kvaerner Eureka	1995
Horno Flash	1	18.19x5.24x1.9 m	1790 ts/d Conc. Fundido	Outotec	1995
Convertidores	4	10'x 24'	597 t/d de Blister	Pierce Smith	1971 (Aprox cada 10 años, se reemplazan sus cascos)
Hornos de Limpieza de Escoria	2	13'x 26'	987 t/d de escoria final	Hornos basculantes	1995
Hornos de Refino	2	13'x 23'	544 t/d de anódos	Hornos basculantes	1995
Rueda de Moldeo	1	16 moldes	40 tph	Wenmec	1995
Planta de ácido	1	Torre de absorción Final: * Altura: 20.5 m * Diámetro Interno: 5 m Torre de absorción intermedia * Altura: 20.5 m * Diámetro Interno: 5 metros	1800 tm/d de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Etapa de Limpieza y enfriamiento Gases Marca Lurgi. Etapa de Contacto Marca Monsanto.	1998



#### 4. CÁLCULO DEL BALANCE DE AZUFRE Y ARSÉNICO

La primera fase del método de cálculo del balance mensual de Azufre y Arsénico, requiere de un balance de peso seco, validado por cobre y fierro del proceso productivo. En la segunda fase, a partir de los pesos secos validados por el Balance mensual de cobre-fierro y las leyes que entregan las unidades de muestreo, se calcula el Balance mensual de Azufre y Arsénico.

La fórmula que aplica Operación Chagres para determinar el balance mensual de Azufre y Arsénico, y la explicación de cada uno de los términos involucrados, requiere de la descripción previa del balance ajustado de cobre-fierro.

##### 4.1 BALANCE METALURGICO COBRE - FIERRO

Los balances se construyen sobre un modelo de nodos y flujos que representa adecuadamente el proceso productivo mostrado en la Figura N°1. Los nodos representan sub-procesos que acumulan materiales y para los cuales es posible establecer la siguiente ecuación para el cálculo del balance:

$$\text{Entradas} + \text{Existencia inicial} = \text{Salidas} + \text{Existencia final}$$

Los flujos representan movimientos de materiales que entran o salen de un nodo, en el período de tiempo definido para el balance. La configuración del modelo considera tres clases de flujos:

- |                  |   |  |
|------------------|---|--|
| Flujo de entrada | : | Flujo que NO tiene asociado un nodo de origen pero sí uno de destino |
| Flujo de salida  | : | Flujo que NO tiene asociado un nodo de destino pero sí uno de origen |
| Flujo intermedio | : | Flujo que tiene asociado un nodo de origen y un nodo de destino      |

La información base que utiliza el Balance de Cu\_Fe, se obtiene a partir de las mediciones de masa y de los resultados de análisis químicos, de cálculos mediante un procedimiento o de estimaciones por aplicación de un determinado criterio.

La información base con la que se alimenta el Balance Cu\_Fe, tiene asociados los errores inherentes a cada una de las mediciones, cálculos y/o estimaciones (errores naturales). El ajuste de las diferencias atribuibles a la propagación del error inherente en las mediciones, se obtiene al ejecutar el algoritmo de ajuste o "validación" del Balance Cu\_Fe.

A partir de la Información Base de finos de cobre, finos de fierro y pesos seco, el algoritmo calcula la Información Ajustada, que es un nuevo conjunto de pesos seco y finos estadísticamente **consistentes** entre sí y **representativo** de la operación del proceso productivo.

El cálculo del balance de Cu\_Fe obtiene la información ajustada aplicando un procedimiento de cuatro etapas a la información base de finos y peso seco, de cada una de las corrientes y existencias. Las etapas del algoritmo de ajuste son:

1. Ajuste de finos para Cu y Fe, cada uno en forma independiente.



2. Cálculo de pesos **híbridos** (término estadístico aplicado a una variable determinada por combinación de 2 o más variables). En este caso, nuevos pesos calculados a partir de los dos ajustes de la etapa anterior.
3. Ajuste de pesos híbridos
4. Cálculo de leyes ajustadas

Los ajustes de la Información Base indicados en estas etapas se realizan a través de un algoritmo de ajuste incorporado en el modelo matemático del balance, que aplica el método de Lagrange para encontrar la Información ajustada óptima. El resultado tiene asociado una suma cuadrática de correcciones, que ponderadas por el error porcentual de la medición, es mínima.

La Información ajustada se utiliza directamente en el control del proceso, como es el caso de los finos de Cobre ajustados con los cuales se determina la Recuperación global de la fundición, parámetro crítico de la operación y objetivo básico del Balance metalúrgico del circuito cobre.

También, se pretende una mejor determinación de los pesos secos de las diversas corrientes y existencias. La posterior aplicación de las respectivas leyes de Azufre o Arsénico a los pesos seco ajustados, permite calcular la cantidad de estos elementos en las corrientes de entradas, salidas y acumulaciones.

El modelo para Balance Cu\_Fe, se obtiene definiendo los límites de los sub-procesos que configuran el proceso productivo. Los límites se establecen de tal forma que las circulaciones internas de difícil determinación, no afecten la calidad del balance. Para cada sub-proceso productivo se definen los flujos de entrada/salida y los lugares de acopio de las existencias del material en proceso y de circulación interna.

El proceso Operación Chagres se representa en la Figura Nº1 y muestra la configuración que transforma las materias primas e insumos en los productos finales. Para describir analíticamente el balance, el proceso se representa en un Modelo general de nodos y flujos.

Un nodo es una representación simplificada de un sub-sistema productivo, en el cual es posible establecer ecuaciones de balance del tipo:

$$\text{FL Entradas} - \text{FL Salidas} - \text{Variación existencia} = 0$$

Un flujo (FL) de entrada o salida, es una representación de la cantidad de masa y finos que entra o sale, respecto de un nodo.

La Variación de existencia (Ve), corresponde a la diferencia entre la existencia al final del período en que se calcula el balance, menos la existencia al inicio del período (EF-EI). En el cálculo del balance, la Ve se considera como flujo de entrada o salida al nodo, dependiendo del signo que resulte la diferencia.

La información base para el modelo esta constituida por caracterización de los flujos durante el período en que se calcula el balance y de las existencias al final del mes. La caracterización debe hacerse en Pesos seco, Finos de cobre y Finos de fierro, expresados en kilos. La Figura Nº2 muestra los nodos y flujos que se utilizan para el cálculo del Balance Cu\_Fe de Operación Chagres.



El límite del sistema para balance de Azufre y Arsénico, que se ha marcado en el diagrama de proceso (Ver Figura N°1), se ha marcado también en el Modelo general de nodos y flujos de la Figura N°2.

El análisis grafico de ambas figuras concluye que el límite del sistema encierra todos los equipos utilizados por las operaciones unitarias descritas en el Capítulo 2 del presente informe.



### 4.2 BALANCE METALURGICO AZUFRE - ARSÉNICO

El calculo del balance mensual de S\_As corresponde a la diferencia producida entre la cantidad neta de finos Azufre y Arsénico contenida en todos los flujos que ingresan al límite del sistema menos el total, que de éstos finos de Azufre y Arsénico se fija en los flujos que salen del mencionado límite, que no sean emisiones de gases y de partículas emitidas directamente a la atmósfera, menos la cantidad neta de Azufre y Arsénico acumulado en el periodo.

La acumulación puede ser positiva o negativa, puesto que corresponde a la diferencia entre las existencias finales e iniciales del periodo mensual a balancear.

El balance mensual de Azufre y Arsénico en consecuencia, se calcula sobre la base del mismo modelo general de nodos y flujos, sobre los cual se calcula el Balance Cu\_Fe.

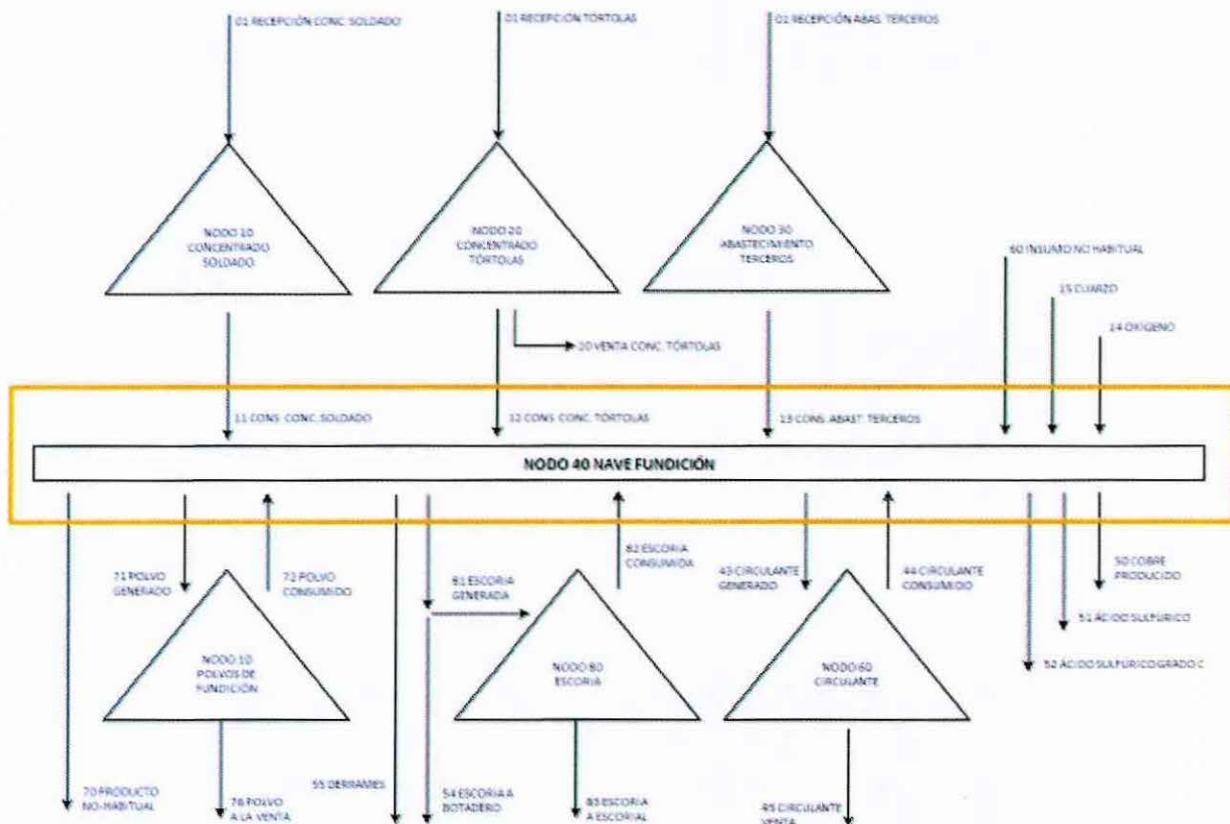


Figura N°2: Modelo general para Balance Cu\_Fe.



El balance mensual de Azufre y Arsénico se obtiene al considerar que el Nodo 40 Nave fundición, comprende todos los equipos para el tratamiento térmico de los compuestos minerales o metalúrgicos de cobre. Para el caso del Arsénico se considera las corrientes de alimentación, cuyo contenido de Arsénico es superior a 0,005% en peso.

La fórmula explícita para calcular el balance de Azufre y Arsénico del Nodo 40 Nave Fundición, incorpora la cantidad de Azufre y Arsénico contenida en los flujos de entrada/salida y en la acumulación, asociados al Nodo 40.

Las cantidades de Azufre y Arsénico se relacionan por la formula que describe la Tabla Nº 2, para obtener la línea "Balance Nave Fundición" para Azufre y Arsénico.

Nº	Corriente ENTRADAS	Finos de Azufre	Finos de Arsénico
FL11	CONS.CONC.EL SOLDADO		
FL12	CONS CONC.LAS TORTOLAS		
FL13	CONS CONC.TERCEROS		
FL14	OXIGENO		
FL15	CUARZO		
FL72	POLVO CONSUMIDO		
FL44	CIRCULANTE CONSUMIDO		
FL81	ESCORIA CONSUMIDA		
FL60	INSUMO NO HABITUAL		
	<b>Total Entradas = Suma flujos de entrada</b>	$\Sigma E$	$\Sigma E$
	<b>Corriente SALIDAS</b>		
FL50	COBRE PRODUCIDO		
FL51	ACIDO SULFÚRICO		
FL52	ACIDO SULFÚRICO GRADO C		
FL54	ESCORIA A BOTADERO		
FL43	CIRCULANTE GENERADO		
FL82	ESCORIA GENERADA		
FL71	POLVO GENERADO		
FL55	DERRAMES		
FL70	PRODUCTO NO HABITUAL		
	<b>Total Salidas = Suma flujos de salida</b>	$\Sigma S$	$\Sigma S$
	<b>ACUMULACION Nodo Nave</b>		
	EXISTENCIA FINAL	E.F.	E.F.
	EXISTENCIA INICIAL	E.I.	E.I.
	Variación de existencias	E.F – E.I.	E.F – E.I.
	<b>BALANCE NAVE FUNDICION</b>	$\Sigma E - \Sigma S - (E.F. - E.I.)$	$\Sigma E - \Sigma S - (E.F. - E.I.)$

Tabla Nº2: Fórmula para el cálculo del balance de Azufre y Arsénico



#### 4.2.1 FLUJOS

Las leyes base de Azufre y Arsénico para cada flujo en un mes determinado, corresponde a una ley promedio ponderado de las leyes determinadas por análisis químico para las unidades de muestreo de cada flujo de entrada/salida. Los factores de ponderación se obtienen a partir del peso seco medido de la unidad de muestreo.

Los finos de Azufre o Arsénico contenidos en los flujos netos de Entrada/Salida, resultan de aplicar la ley base mensual al peso seco ajustado del flujo en dicho mes, por el Balance Metalúrgico Cu\_Fe para el mes.

El procedimiento de cálculo para obtener el fino ajustado del elemento i (Azufre o Arsénico), fijado en el flujo k para cada uno de los flujos del modelo de balance de Azufre y de Arsénico es el siguiente:

$$\hat{f}_{i,k} = \hat{T}_k \times G_{i,k}$$

**DONDE:**

$i = 1 \rightarrow 2$       1: Azufre, 2: Arsénico

$k = 1 \rightarrow n$       Número de flujo

$\hat{f}_{i,k}$       Fino del elemento i en el flujo k.

$\hat{T}_k$       Peso seco ajustado por el balance Cu\_Fe para el flujo k.

$G_{i,k}$       Ley promedio ponderado mensual del elemento i en el flujo k, obtenida del análisis químico de las unidades de muestreo, según el protocolo que muestra la Tabla N°14.

#### 4.2.2 ACUMULACION

La cantidad de fino de Azufre o Arsénico, acumulada en un mes determinado (cantidad positiva o negativa), se obtiene por diferencia entre la cantidad que se ha fijado en las existencia de fin de mes, menos la cantidad que se ha fijado en las existencia de inicio de mes del Nodo 40 NAVE FUNDICION.

**a) Existencia de inicio de mes**

Los finos de Azufre o Arsénico de la existencia de inicio de mes, para todos los nodos del modelo, son iguales a los respectivos finos de la existencia final ajustada para el correspondiente nodo, por el balance As\_S del mes anterior.

**b) Existencia de fin de mes**

En los nodos, que no generan emisiones, los finos de Azufre o Arsénico fijados en las existencias de fin de mes, se calculan por la ecuación de balance de cada nodo, (concentrados, polvos y circulantes):

$$\hat{f}_{i,EF} = \hat{f}_{i,EI} + \hat{f}_{i,ENTRADA} - \hat{f}_{i,SALIDA}$$

**DONDE**

$i = 1 \rightarrow 2$       **1: Azufre, 2: Arsénico**

$\hat{f}_{i,EF}$	Fino $i$ ajustado en existencia final de mes del nodo
$\hat{f}_{i,EI}$	Fino $i$ ajustado en existencia inicial de mes del nodo
$\hat{f}_{i,ENTRADA}$	Fino $i$ ajustado en el total de flujos de entrada al nodo
$\hat{f}_{i,SALIDA}$	Fino $i$ ajustado en el total de flujos de salida del nodo

La existencia del nodo Nave fundición, está conformada por diferentes ítems de productos metalúrgicos intermedios, tales como productos en secadores, tolvas de proceso, cargas líquidas en reactores, carga fría en el piso interior, etc.

La diversidad de éstos productos y la naturaleza del ciclo generación-consumo, hacen imposible su caracterización por medio de muestreos. El acta de inventario del nodo Nave fundición registra para cada caso, leyes de Azufre y Arsénico típicas, estimadas en consideración de criterios adoptados para cada situación. La información registrada en el Acta de inventarios del nodo Nave Fundición, es utilizada para obtener la ley base de la existencia de fin de mes.

Las leyes de Azufre y Arsénico típicas puede ser tomada de la ley del último consumo, o de la ley característica que reportan los estudios de procesos disponibles en Operación Chagres o de cualquier otra ley determinada para un producto intermedio, de similar naturaleza metalúrgica, que la del ítem de inventario que se necesita caracterizar.

La ley base para la existencia de fin de mes, corresponde a la ley promedio ponderado que resulta de aplicar la ley típica de cada producto metalúrgico en existencia, al correspondiente peso seco estimado, medido o calculado, que registra el acta de inventario.



La metodología considera que los finos de Azufre o Arsénico en la existencia, se calculan aplicando la ley base para la existencia de fin de mes, al peso seco que para dicha existencia, ha validado el Balance Cu\_Fe.

#### 4.2.3 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE LA EMISIÓN

La emisión anual ( $E_{i,AÑO}$ ) de elementos emitidos a la atmósfera, corresponde a la suma de los resultados netos de los balances mensuales de Azufre y Arsénico, menos el Azufre y Arsénico recuperado en las operaciones de mantenimiento y/o limpieza, durante el reemplazo parcial o total de equipos, o como consecuencia de la suspensión temporal o permanente en la operación de uno o varios equipos.

$$E_{i,AÑO} = \sum E_{i,MES\ J} - \text{MATERIAL RECUPERADO}_i$$

La emisión mensual ( $E_{MES\ J}$ ) de un elemento por su parte, se estima por la formula explicitada en la línea "BALANCE NAVE FUNDICION" de la Tabla Nº1, aplicada a cada elemento.

$$E_{i,MES\ J} = \hat{f}_{i,ENTRADA} - \hat{f}_{i,SALIDA} - (\hat{f}_{i,EF} - \hat{f}_{i,EI})$$

DONDE

$$i = 1 \rightarrow 2 \quad 1: \text{Azufre}, 2: \text{Arsénico}$$

$\hat{f}_{i,ENTRADA}$  Flujo másico del elemento  $i$  que ha ingresado a la Nave fundición, durante el mes.

$\hat{f}_{i,SALIDA}$  Flujo másico del elemento  $i$  que ha egresado de la Nave Fundición, durante el mes.

$(\hat{f}_{i,EF} - \hat{f}_{i,EI})$  Acumulación mensual neta del elemento  $i$ , que se ha fijado en los productos intermedios del inventario físico del nodo Nave Fundición, durante el mes.

#### 4.2.4 PRESENTACION DEL BALANCE DE AZUFRE - ARSÉNICO

El cálculo del Balance S\_As requiere de Pesos seco, ajustados por el Balance Cu\_Fe para cada nodo y flujo, y de leyes de Azufre y Arsénico, determinadas a partir de las unidades de muestreo.



## 5. DESCRIPCIÓN DE LAS CORRIENTES

Las corrientes involucradas en el cálculo del Balance de Azufre y Arsénico de los procesos de la Operación Chagres, se componen de los flujos de entrada, de salida y acumulaciones en el Nodo 40 Nave Fundición, como señala el modelo de nodos y flujos de la Figura N°2.

### 5.1 FLUJOS DE ENTRADA

#### 5.1.1 Consumo de concentrados

El consumo de concentrado corresponde al traspaso desde las tolvas a los silos de almacenamiento de concentrado de la unidad de almacenamiento y manejo de carga de la Fundición. El consumo mensual de cada concentrado se determina por la aplicación de un procedimiento de cálculo que considera ajustes al consumo cuando las tolvas se agotan.

La secuencia de operaciones de terreno para controlar la recepción y consumo de concentrados es el mismo para todos los proveedores de la Operación Chagres. Los flujos de entrada de concentrado al proceso (Nodo 40: Nave Fundición), se contabilizan en los siguientes flujos:

- FL11 CONS.CONC.EL SOLDADO
- FL12 CONS CONC.LAS TORTOLAS
- FL13 CONS CONC.TERCEROS

La recepción, existencia, consumo y venta de concentrados por proveedor o grupo de proveedores, se controlan en los siguientes nodos:

- NODO 10: CONCENTRADO EL SOLDADO
- NODO 20: CONCENTRADO LAS TORTOLAS
- NODO 30: CONCENTRADO TERCEROS

Los consumos de cada tipo de concentrado se determinan mediante la aplicación de un procedimiento de cálculo por cada tipo, que considera las mediciones de recepción (pesaje y muestreo) y de consumo por palada de cargador frontal.

#### 5.1.2 Otros Insumos

La operación del proceso de Fundición requiere de ciertos insumos que se contabilizan en los siguientes flujos de entrada a la Nave Fundición:

- FL14 OXIGENO
- FL15 CUARZO
- FL60 INSUMO NO HABITUAL

El consumo mensual de estos insumos se determina por aplicación de un procedimiento de cálculo, para el caso del oxígeno y por acumulación de mediciones, para el caso del cuarzo y los insumos no habituales.



## 5.2 FLUJOS DE SALIDA

### 5.2.1 Producciones

La producción comercial que entrega la Operación Chagres, se contabiliza en los siguientes flujos:

- FL50 COBRE PRODUCIDO
- FL51 ACIDO SULFÚRICO
- FL52 ACIDO SULFÚRICO GRADO C

### 5.2.2 Pérdidas

La generación que constituye las pérdidas de la Operación Chagres, se contabiliza en el flujo:

- FL54 ESCORIA A BOTADERO

### 5.2.3 Otras salidas

El modelo de nodos y flujos reserva dos flujos de salida de la nave Fundición para una eventualidad en que sea requiera enviar material derramado a botadero o comercializar productos intermedios a otras Fundiciones. Los flujos de salida a que se hace referencia son:

- FL55 DERRAMES
- FL70 PRODUCTO NO HABITUAL

La generación de estos insumos, se determina por acumulación mensual de las mediciones en cada caso.

## 5.3 CIRCULANTES

Los productos metalúrgicos intermedios, que generados en cualquier unidad de proceso de la nave fundición, se acumulan temporalmente en canchas especialmente destinadas para éste efecto, antes de ser realimentados a alguna unidad de proceso. La generación y consumo de estos productos intermedios, se contabilizan en los siguientes flujos:

- FL43 CIRCULANTE GENERADO
- FL44 CIRCULANTE CONSUMIDO
- FL71 POLVO GENERADO
- FL72 POLVO CONSUMIDO
- FL81 ESCORIA GENERADA
- FL82 ESCORIA CONSUMIDA

El CIRCULANTE GENERADO se almacenan en tolvas o canchas en espera de ser procesados en la planta de chancado. Se exceptúan de este control, el polvo generado, que se almacenan en una bodega bajo un procedimiento específico.



Las cargas sólidas generadas en cualquier unidad de proceso de la nave fundición, se conocen con el nombre de "Carga fría salida nave" y corresponden entre otros, a fondos de olla, limpieza boca de convertidores, derrames de ollas, limpieza de canaletas, etc. Las cargas líquidas normalmente circulan entre las unidades de proceso y las que eventualmente se enfrián, se controlan como circulante generado (FSF, Escoria No Tratada FSF, Escoria No Tratada Normal CPS, Escoria No Tratada Oxido CPS, Plateado HLE/CPS).

Las operaciones a que se someten los circulantes generados una vez enfriados, son el parrillado y el chancado. Los subproductos que se obtienen se identifican como Grueso y Fino circulante y se almacenan, en espera de ser realimentados a alguna unidad de proceso.

El CIRCULANTE CONSUMIDO se obtiene de las tolvas de la Planta de chancado, en las cantidades que las unidades de proceso requieran.

La ESCORIA GENERADA se obtiene de la escoria producida por los hornos HLE N°1 y N°2 y que fueron designadas en el período en conformar el nodo de escoria. La escoria generada se dispone en pozos a la espera de ser procesados por la planta de chancado.

Las operaciones a que se someten las escorias generadas una vez enfriadas, son el parrillado y el chancado. Los subproductos que se obtienen se identifican como Grueso y Fino circulante y se almacenan, en espera de ser realimentados a alguna unidad de proceso.

La ESCORIA CONSUMIDA se obtiene de las tolvas de la Planta de chancado, en las cantidades que las unidades de proceso requieran.

Tanto la Generación y el Consumo de circulante y escoria, se determina por acumulación mensual de las mediciones en cada caso.

El POLVO GENERADO se extrae en botes con periodicidad variable del Precipitador Lurgi, la Cámara de mezcla o la Caldera para ser enfriado en piso. Cada bote generado se muestrea y pesa en báscula para finalmente ser embolsado y se almacenado en una bodega exclusiva con acceso restringido, en espera de ser reprocesado en la Operación Chagres, con el propósito de recuperar el fino de cobre. El POLVO GENERADO durante un mes, se determina por acumulación mensual de las mediciones.

El POLVO COSUMIDO corresponde a la cantidad de bolsas que se han trasferido a los Silos de Preparación de Carga desde las bodegas. El POLVO COSUMIDO durante un mes, se determina por la aplicación de un procedimiento de cálculo, a partir de la caracterización de las bolsas durante su generación y el control de las bodegas.

#### 5.4 ACUMULACIONES

La existencia base de fin de mes en el Nodo 40 Nave Fundición, se toma del acta de inventario elaborado por la "Comisión de Inventarios de Balance Metalúrgico". La comisión se compone de profesionales designados por la Gerencia de Operación Chagres. Un facsímil del acta que elabora la mencionada Comisión.

La existencia base de fin de mes se obtiene sumando la existencia en cada uno de los ítems del acta de inventario. Tanto el peso seco como los finos en existencia, se determinan a partir de la aplicación de un procedimiento de cálculo o criterio de estimación.



**AngloAmerican**

La variación de existencia corresponde a la diferencia en valores ajustados, de la existencia total de fin de mes menos la existencia total de inicio de mes. La existencia inicial, corresponde a la existencia final ajustada del mes anterior para Nodo 40: Nave Fundición.

$$\text{VE40 VARIACION DE EXISTENCIAS} = \text{E.Final ajustada} - \text{E.Inicial ajustada}$$

Para el caso de los Pesos seco y de los finos de cobre y fierro, la existencia final ajustada se obtiene por aplicación del algoritmo de validación del balance Cu\_Fe.

Para el caso de las masas de Azufre y Arsénico, la existencia ajustada se obtiene por aplicación de las respectivas leyes promedio ponderado del acta de inventario del Nodo 40 Nave Fundición, al peso seco ajustado por el Balance Cu\_Fe.

## **6. DETERMINACIÓN DE FLUJOS MÁSICOS**

Los procedimientos para obtener el flujo másico de cada corriente involucrada en el balance de Azufre y Arsénico, comprenden la determinación de pesos secos y finos de Cobre, de Fierro, de Azufre y de Arsénico. Las cantidades en cada caso, se obtienen ya sea por, acumulación mensual de mediciones, aplicación de un procedimiento de cálculo o aplicación de un criterio de estimación.

Se ha confeccionado un resumen con la forma en que se realiza la determinación de la información base para cada uno de los flujos másicos involucrados en el cálculo del balance de Azufre y Arsénico y un resumen de la metodología aplicada en cada caso.

El resumen con la determinación de los flujos másicos para las corrientes de entrada, se entrega en la Tabla Nº3.

El resumen con la determinación de los flujos másicos para las corrientes de salida y acumulaciones, se entrega en la Tabla Nº4.



Tabla Nº3: Resumen determinación de los flujos básicos para las corrientes de entrada

Nº	Corriente de ENTRADAS	Forma de determinación	Metodología (resumen)
FL11	CONS.CONC.EL SOLDADO	Procedimiento de calculo	Balance mensual asociado a tolva, calculado a partir del pesaje de la recepción de lotes sobre camión, estimación de las paladas consumidas y finalmente, validación respecto al peso recepcionado en cada tolva
FL12	CONS CONC.LAS TORTOLAS	Procedimiento de calculo	Balance mensual asociado a tolva, calculado a partir del pesaje de la recepción de lotes sobre camión, estimación de las paladas consumidas y finalmente, validación respecto al peso recepcionado en cada tolva
FL13	CONS CONC.TERCEROS	Procedimiento de calculo	Balance mensual asociado a tolva, calculado a partir del pesaje de la recepción de lotes sobre camión, estimación de las paladas consumidas y finalmente, validación respecto al peso recepcionado en cada tolva
FL14	OXIGENO	Procedimiento de calculo	Calculo estequiométrico del oxígeno fijado en los Finos de SiO <sub>2</sub> , determinados por análisis químico de la escoria a botadero.
FL15	CUARZO	Acumulación de mediciones	Medición mensual de los tolvinos a consumo, en consideración de su peso característico
FL72	POLVO CONSUMIDO	Acumulación de mediciones	Medición mensual de la cantidad de bolsas, que han sido caracterizadas en peso y leyes durante la generación del polvo metalúrgico.
FL44	CIRCULANTE CONSUMIDO	Acumulación de mediciones de Grueso y Estimación de Fino por cantidad de camiones, validación de tolva en último consumo.	GRUESO: Acumulación de pesaje en báscula de camiones con Grueso rechazado durante el parrillado. FINO: Estimación mensual por camiones característicos, cargados desde tolva circulante, previamente conformada con camiones pesados en báscula.
FL82	ESCORIA CONSUMIDO	Acumulación de mediciones de Grueso y Estimación de Fino por cantidad de camiones, validación de tolva en último consumo.	GRUESO: Acumulación de pesaje en báscula de camiones con Grueso rechazado durante el parrillado. FINO: Estimación mensual por camiones característicos, cargados desde tolva circulante, previamente conformada con camiones pesados en báscula.
FL60	INSUMO NO HABITUAL	Acumulación de mediciones	Acumulación mensual del pesaje de botes o camiones en bascula, dependiendo del insumo que eventualmente se consuma en la Fundición

**Tabla Nº4: Resumen determinación de los flujos másicos para las corrientes de salida y acumulaciones**

Nº	Corriente de SALIDAS	Forma de determinación	Metodología (resumen)
FL50	COBRE PRODUCIDO	Acumulación de mediciones	Acumulación de pesaje en báscula, de las piezas producidas en un ciclo de moldeo
FL51	ACIDO SULFÚRICO	Procedimiento de calculo	Sumatoria de los finos de azufre, cobre, fierro y arsénico contenidos en el acido sulfúrico, producido en el mes
FL52	ACIDO SULFÚRICO GRADO C	Procedimiento de calculo	Sumatoria de los finos de azufre, cobre, fierro y arsénico contenidos en el acido sulfúrico Grado "C", producido en el mes
FL54	ESCORIA A BOTADERO	Acumulación de mediciones	Medición mensual de 1as 1 <sup>a</sup> Ollas y 2 <sup>a</sup> Ollas de escoria producidas, en consideración de su peso promedio móvil característico.
FL43	CIRCULANTE GENERADO	Acumulación de mediciones	Acumulación mensual de Lotes generados, caracterizados por su Grueso y su Fino, pesados sobre camión en báscula.
FL71	POLVO GENERADO	Acumulación de mediciones	Acumulación de los pesajes en báscula, de los botes producidos diariamente por tipo de fuente
FL81	ESCORIA GENERADA	Acumulación de mediciones	Acumulación mensual de Lotes generados, caracterizados por su Grueso y su Fino, pesados sobre camión en báscula.
FL55	DERRAMES	Acumulación de mediciones	Acumulación mensual de los pesajes en báscula, de botes o camiones de cada tipo de derrames, que se extrae de la Fundición
FL70	PRODUCTO NO HABITUAL	Acumulación de mediciones	Acumulación mensual de los pesajes en báscula, de botes o camiones con la producción diaria de la Fundición que no corresponda a ánodos o blister comercial
	Existencia Nodo Nave	Aplicación de criterio	Aplicación de criterios predefinidos para cada ítem del acta de inventario



## 6.1 CORRIENTES NODOS DE CONCENTRADOS

El modelo de balance configura la recepción, existencia, consumo y venta de concentrados por proveedor o grupo de proveedores, en los siguientes nodos:

NODO 10: CONCENTRADO EL SOLDADO  
NODO 20: CONCENTRADO LAS TORTOLAS  
NODO 30: CONCENTRADO TERCEROS

La secuencia de operaciones de terreno para controlar la recepción y consumo de concentrados es el mismo, tanto para proveedores internos a la compañía como de terceros.

El consumo de concentrado para balance metalúrgico corresponde al traspaso desde las tolvas a los silos de almacenamiento de concentrado de la unidad de almacenamiento y manejo de carga de la Fundición, mas los ajustes al consumo cuando las tolvas se agotan.

### 6.1.1 ENTRADAS (FL01, FL02 y FL03)

Los flujos de concentrado se reciben en camiones, cuyo peso húmedo se calcula a partir de las mediciones del peso bruto y la tara por camión en una báscula.

El flujo de recepción de cada proveedor es por lote menor que 500 tmh, conformado a partir de los camiones recepcionados en un día.

El peso húmedo almacenado diariamente en cada tolva, corresponde a la recepción diaria de los lotes asociados a cada flujo de recepción.

El peso seco y los finos recepcionados por día y por proveedor, se calculan a partir de la determinación de la fracción de humedad y leyes de finos (Cu, Fe, As y S) en compósitos por lote. Cada compósito se obtiene a partir de las muestras tomadas a razón de 3 incrementos por cada 10 tmh recepcionadas. La unidad de muestreo es la recepción diaria por cada proveedor, inferior a 500 tmh.

La existencia del día, en peso húmedo, peso seco y finos, se calcula con la ecuación de inventario.

### 6.1.2 SALIDAS (FL11, FL12 y FL13)

El concentrado consumido desde las tolvas asociadas a cada nodo, se estima por el número de paladas a consumo, almacenadas temporalmente en los silos de almacenamiento de concentrado de la unidad de almacenamiento y manejo de carga de la Fundición. La estimación de consumo se corrige cuando las recepciones acumuladas en las tolvas de recepción asociada al nodo, se han traspasado íntegramente a consumo. (Validación de tolvas)



**AngloAmerican**

La contabilización de la cantidad de paladas, que de cada tolva se transfieren a los silos de almacenamiento de concentrado de la unidad de almacenamiento y manejo de carga de la Fundición, es la operación que permite estimar el concentrado consumido.

El promedio móvil de la palada del flujo de consumo corresponde al promedio móvil de al menos los dos últimos agotamientos (validación de tolvas), y es el parámetro que se aplica a la cantidad de paladas para obtener el concentrado consumido.

El peso promedio de la palada del flujo de consumo de concentrado, cuando se produce el último agotamiento de una tolva, permite actualizar el promedio móvil.

Las leyes del consumo de cada concentrado a fin de mes, se estiman diariamente por ponderación de las leyes de recepción y de stock, a partir de las recepciones almacenadas en tolva inicialmente vacía.

El modelo de balance no contempla un flujo de perdida de concentrado por manejo y arrastre de finos por chimenea. (El modelo ajusta esta perdida en el flujo escoria a botadero que tiene asignado un factor de calidad mínimo)

Las ventas de concentrados son eventuales y corresponden a lotes completos o fracciones de lotes. Las porciones despachadas se pesan en camiones y se caracterizan con las humedades y leyes de recepción.

#### **6.1.2.1 BALANCE DIARIO ASOCIADO A TOLVAS**

La determinación de pesos (húmedo y seco) y finos (Cu, Fe, As y S) en la existencia, consumos y ventas asociados a un día de operación de la tolva, se obtiene por el cálculo del **BALANCE DIARIO ASOCIADO A TOLVAS DE UN NODO DE RECEPCION**, a partir de las mediciones de recepción y de la aplicación de los siguientes criterios.

**a) Existencia Inicio día**

La existencia húmeda al inicio del día en la tolva, corresponde a la "Existencia Final del día" determinada por el balance asociado a tolvas de un nodo de recepción, del día anterior.

**b) Recepción día**

La recepción húmeda, corresponde a la acumulación diaria de los camiones recepcionados durante el día. El peso seco se calcula por aplicación de la humedad promedio ponderado diaria al peso húmedo del día. Los finos recepcionados, se calculan por aplicación de las leyes promedio ponderado diaria al peso seco del día.

**c) Consumo día**

El consumo en peso húmedo, corresponde al estimado por paladas. El peso seco del día se calcula por aplicación de la fracción de humedad al peso húmedo. La fracción de humedad corresponde al promedio ponderado de las humedades de la existencia inicial y de la recepción del día.



Los finos a consumo, se calculan por aplicación de la ley del correspondiente fino al peso seco del día. Las leyes corresponden al promedio ponderado de las leyes de la existencia inicial y de la recepción del día, calculadas bajo el supuesto de mezcla homogénea.

**d) Venta del día**

El despacho a venta en peso húmedo, corresponde a los camiones pesados en báscula. El peso seco y los finos despachados del día, se determinan a partir de las humedades y leyes de recepción del lote.

**e) Existencia final día**

La existencia al final del día en las tolvas asociadas a un nodo de recepción, corresponde a la obtenida por aplicación de la ecuación de balance.

#### **6.1.2.2 BALANCE MENSUAL ASOCIADO A NODO**

La determinación del peso seco y los finos de Cu, Fe, As y S en la existencia, recepción, consumos y ventas para un mes de operación de las tolvas asociadas a un nodo de concentrado, se obtiene por consolidación mensual de los balances diarios de las tolvas y por la aplicación de los siguientes criterios.

**a) Existencia inicio Mes**

La existencia al inicio del mes cada nodo, corresponde a la "Existencia Final" determinada por el balance mensual del mes anterior para cada nodo.

**b) Recepción del Mes**

La recepción del mes corresponde a la suma de las recepciones por día que registra el sistema BART en pesos y leyes, para el nodo de recepción.

**c) Consumo del Mes**

El consumo del mes corresponde a la suma de los consumos por día, en el Balance diario asociado a las tolvas de un nodo de recepción, una vez que se han descontado las recepciones que permanecen durante el mes en tolvas sin consumo.

Las recepciones de un nodo en tolvas sin consumo, no se consideran en el balance diario asociado a tolvas de un nodo de recepción. Las recepciones sin consumo se separan para efectos del cálculo del Balance diario asociado a tolvas y se contabilizan a fin de mes directamente en la existencia del nodo.

**d) Venta del Mes**

La venta del mes corresponde a la suma de las ventas por día, en el Balance diario asociado a las tolvas de un nodo de recepción



**AngloAmerican**

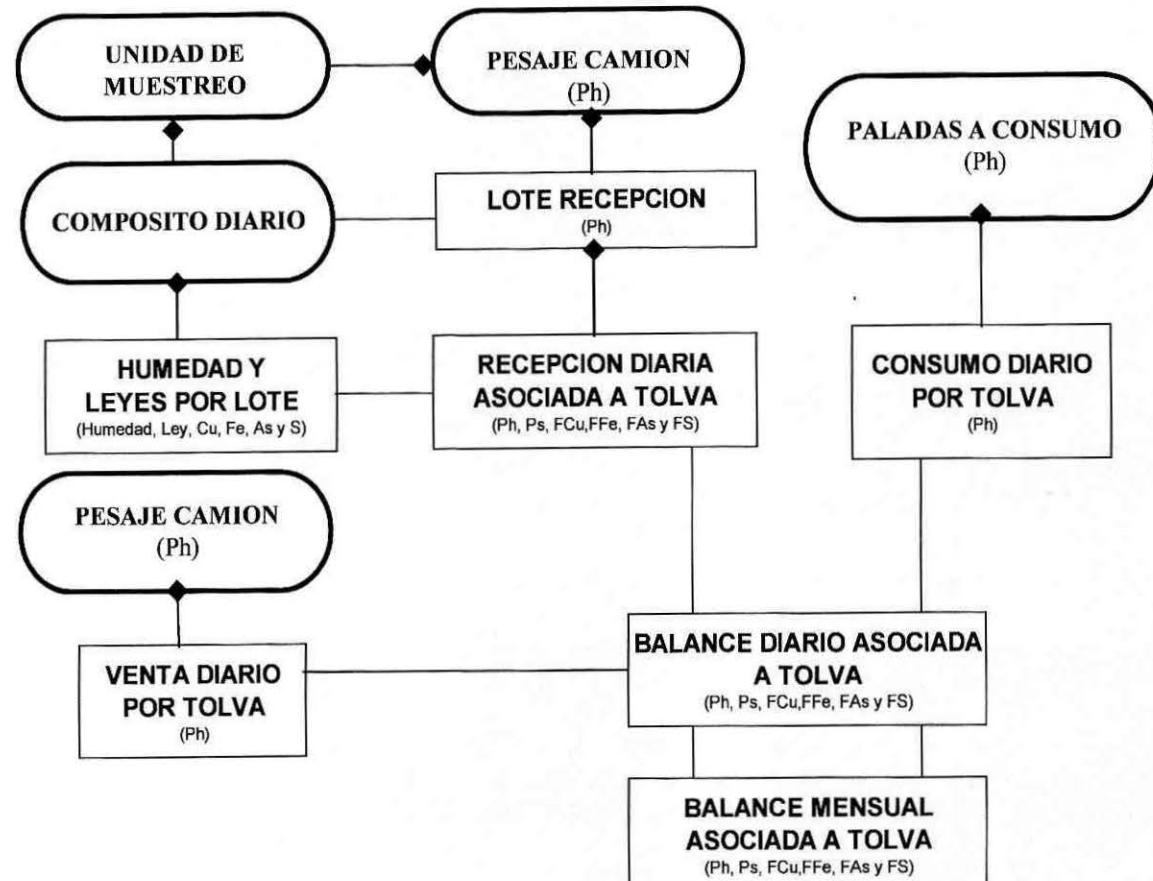
**e) Venta del día**

El despacho a venta en peso húmedo, corresponde a los camiones pesados en báscula. El peso seco y los finos despachados a venta del día se determinan a partir de las humedades y leyes de recepción del lote.

**f) Existencia final Mes**

La existencia final Mes, corresponde a la existencia del ultimo día del mes determinada por el Balance diario asociado a tolvas con consumo, mas las recepciones que permanecen durante el mes, en tolvas sin consumo.

La Figura N°3 muestra la trazabilidad para la medición mensual de recepción, venta, consumo y existencia de concentrados.



— Una operación       Mediciones      Ph, peso húmedo      Ps, peso seco      FCu, fino de cobre  
 ♦ Varias operaciones       Cálculo      FFe, fino de fierro      FAs, fino de arsénico      FS, fino de azufre

**Figura N°3:** Determinación diaria de pesos y finos en la recepción, consumo, venta y existencia para nodos de concentrado.

## 6.2 CORRIENTES NODO NAVE FUNDICION

### 6.2.1 EXISTENCIAS (NODO 40)

#### a) Existencia final

La existencia de fin de mes, se obtiene del acta de inventario elaborado por la "Comisión de Inventarios de Balance Metalúrgico".

#### b) Existencia inicial

La existencia al inicio del mes en el nodo, corresponde a la "Existencia Final Mes", ajustada por el balance del mes anterior.

### 6.2.2 ENTRADAS

#### a) Consumos de concentrado (FL11, FL12 y FL13)

Las entradas relativas al consumo de concentrado, son las mismas que se han estimado por número de paladas, en cada nodo de recepción. Los flujos de consumo de concentrados son:

FL11 CONSUMO CONCENTRADO EL SOLDADO,  
FL12 CONSUMO CONCENTRADO LAS TORTOLAS  
FL13 CONSUMO CONCENTRADO TERCEROS

#### b) Oxígeno (FL14)

El peso seco del oxígeno ingresado a la nave fundición, se obtiene por cálculo estequiométrico, a partir de los finos de SiO<sub>2</sub>, presentes en la escoria (FL54 ESCORIA A BOTADERO)

$$\text{Peso Seco oxígeno (kg)} = [\text{Peso Seco escoria (kg)} * \text{Ley SiO}_2 (\%)/100] * [16*2/(16*2+28)]$$

La Figura N°9 muestra la trazabilidad para determinar el oxígeno fijado en la escorias a botadero.

#### c) Cuarzo (FL15)

El Cuarzo contabilizado en este flujo, corresponde a la suma de cuarzo fino y grueso consumido por el proceso fundición durante el mes. El peso seco se estima por número paladas, para el caso del cuarzo fino y por el número de Tolvines, para el caso del cuarzo grueso. En ambos casos, la estimación del peso seco se obtiene mediante la aplicación del peso característico de la palada o Tolvin utilizado, según corresponda.

Los finos de cobre y fierro se obtienen por aplicación de la ley estándar, cuya revisión de valores estará sujeta a cambio en el proveedor.

La Figura N°4 muestra la trazabilidad para la medición mensual de cuarzo.

**d) Polvo consumido (FL72)**

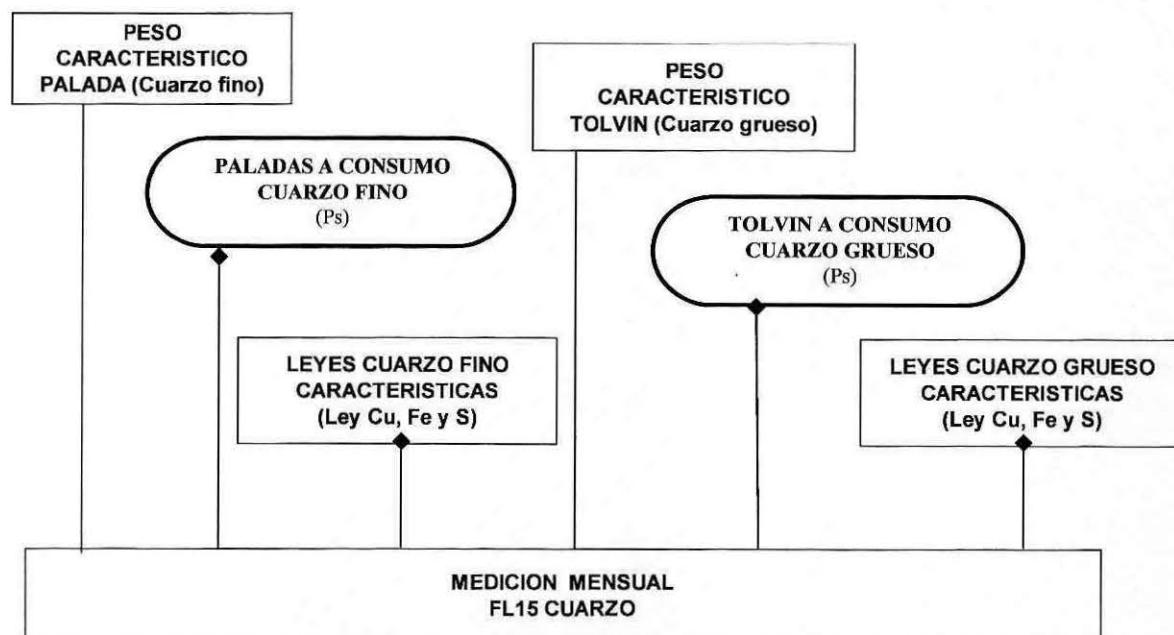
Las entradas relativas al consumo de Polvos de Fundición, son las mismas que se han medido para el Flujo 72 Polvo consumido del nodo de POLVOS DE FUNDICION.

**e) Circulante consumido (FL44)**

Las entradas relativas al consumo de circulante, son las mismas que se han medido para el nodo de CIRCULANTES.

**h) Insumo no habitual (FL60)**

El peso seco y los finos de Cu, Fe, As y S, contenidos en los productos eventuales que se ingrese a la nave fundición en un mes particular, se pesan en bote o camión, dependiendo del producto que se trate. Las mediciones de peso seco y las leyes de Cu, Fe, S y As, se consideran como valores verdaderos y no se modifican durante el cálculo del ajuste.



**Figura N°4: Medición mensual de Cuarzo**

— Una operación	<input type="checkbox"/> Mediciones	Ph, peso húmedo	Ps, peso seco	FCu, fino de cobre
◆ Varias operaciones	<input type="checkbox"/> Cálculo	FFe, fino de fierro	FAs, fino de arsénico	FS, fino de azufre



### 6.2.3 SALIDAS

#### a) Cobre producido (FL50)

La producción diaria de cobre corresponde a los ánodos provenientes de Rueda de Moldeo, que se pesan en la báscula de ánodos, durante el día de producción.

El día de producción de ánodos se divide en 3 turnos, de 8 horas cada uno. Un día produce entre 0 y 4 ciclos de moldeo, dependiendo de las características de la operación.

Los ciclos de moldeo se numeran en forma consecutiva y puede corresponder totalmente a ánodos o a una combinación ánodo/blister, dependiendo de la calidad física o química del cobre producido.

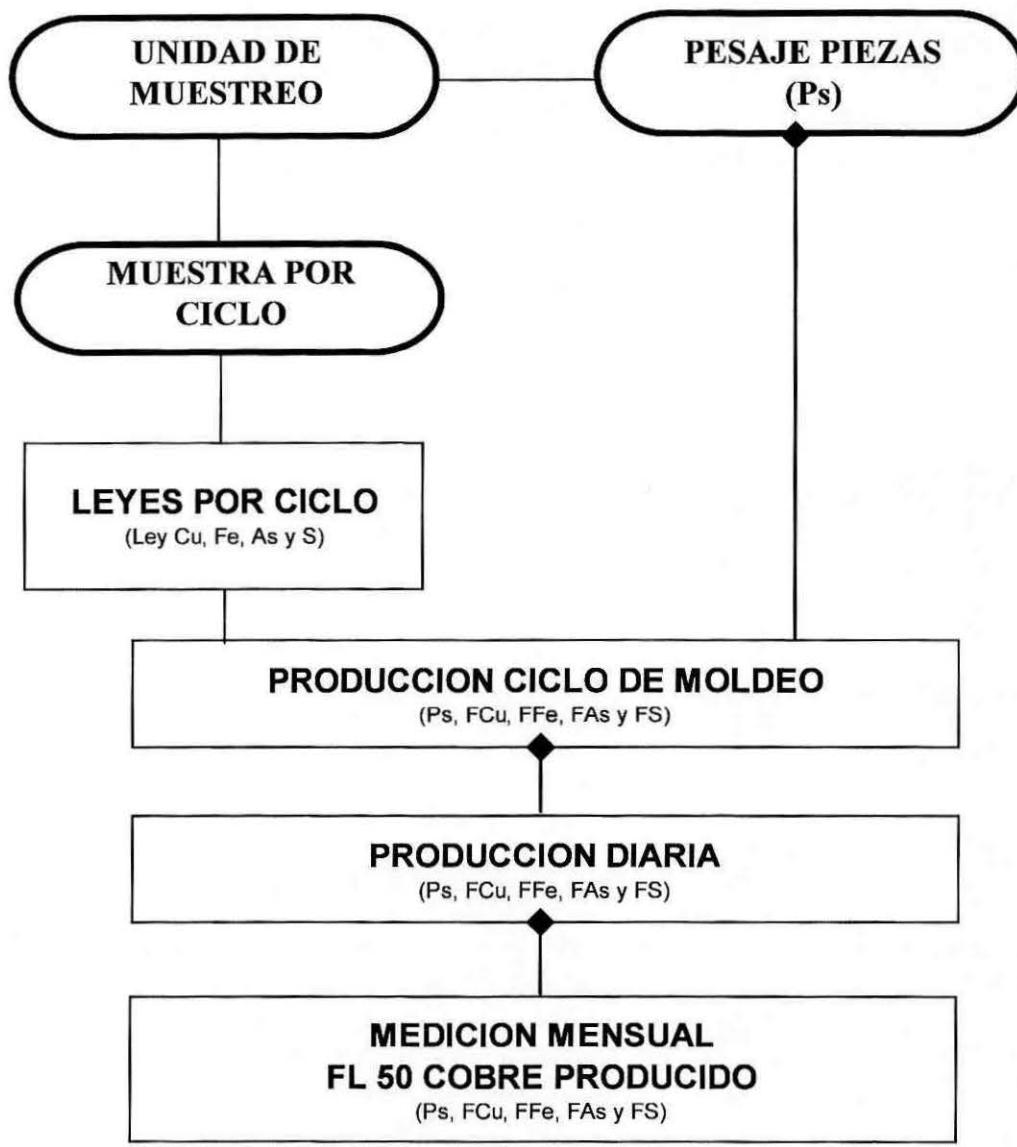
La unidad de muestreo corresponde a las piezas producidas un ciclo de moldeo. La muestra está constituida por el 1% o 5% (dependiendo del cliente) del total de piezas producidas en un ciclo de Moldeo. Los incrementos se toman a razón de 5 o 2 (dependiendo del cliente) perforaciones por cada pieza de la muestra. El análisis químico de la muestra, determina la ley de Cu, Fe, As y S del ciclo de moldeo.

Cada ciclo de moldeo es pesado y los finos correspondientes se determinan por aplicación de las leyes de la muestra al peso del ciclo de moldeo.

El peso seco y los finos del día se obtienen por la correspondiente sumatoria de los mismos, de los ciclos de moldeo del día.

El peso seco y los finos del mes que se consideran en el FLUJO 50 COBRE PRODUCIDO se obtiene por sumatoria de los mismos, de los días del mes.

La Figura N°5 muestra la trazabilidad para la medición mensual de la producción de cobre



- |                      |                                     |                     |                       |                    |
|----------------------|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|--------------------|
| — Una operación      | <input type="checkbox"/> Mediciones | Ph, peso húmedo     | Ps, peso seco         | FCu, fino de cobre |
| ◆ Varias operaciones | <input type="checkbox"/> Cálculo    | FFe, fino de fierro | FAs, fino de arsénico | FS, fino de azufre |

**Figura N°5: Medición mensual de la producción de cobre**



## b) Acido sulfúrico (FL51)

El "peso seco" del FL51: Acido Sulfúrico para el balance de cobre y fierro, se determina como la sumatoria de los finos de Cobre, Fierro, Azufre y Arsénico en la producción mensual de Acido Sulfúrico Grado "A".

La masa diaria de ácido sulfúrico producido, se obtienen a partir del balance diario de los estanques en que se acumula, previo a su despacho.

La unidad de muestreo corresponde a la producción de Acido sulfúrico por turno, que la línea traspasa a los estanques D1 o D2.

### PRODUCCION DIARIA DE ACIDO SULFURICO POR ESTANQUE

La masa diaria de ácido sulfúrico, producida por estanque, se calcula con las mediciones de los despachos diarios y la variación diaria de la existencia por estanque.

#### Despachos diarios por estanque

Los despachos diarios de ácido sulfúrico, se obtienen por pesaje de los camiones despachados durante el día, desde cada estanque.

#### Variación diaria de existencia por estanque

La variación de existencias de un día en particular, se obtiene a partir de la medición diaria de la variación de altura de los estanques (cm), capturada por el sistema de control distribuido, y de la tipificación, que para cada estanque, se hace de su área basal (cm<sup>2</sup>) y de la densidad del ácido sulfúrico (1,8303 gr/cm<sup>3</sup>), en el mismo sistema.

$$\Delta \text{Existencia diaria} = \Delta \text{Altura diaria} * \text{Área basal estanque} * \text{Densidad}$$

El factor [Área basal estanque \* Densidad ácido sulfúrico] ha sido caracterizado para cada estanque, en el sistema de control distribuido:

Estanque D1	:	0.7600 ton/cm
Estanque D2	:	0.7600 ton/cm
Estanque 5M1	:	3.1900 ton/cm
Estanque 5M2	:	3.1900 ton/cm
Estanque F1	:	1.2684 ton/cm
Estanque M1	:	1.3500 ton/cm
Estanque M2	:	1.3500 ton/cm
Estanque M3	:	1.3500 ton/cm
Estanque M4	:	1.3500 ton/cm

De esta manera se calcula la masa de la variación de existencia diaria de ácido sulfúrico (t) por estanque.

La producción diaria de ácido sulfúrico por estanque, se calcula por la ecuación de inventario a partir de los despachos y variación de existencias del día.



**Producción diaria por estanque (t) = despachos (t) + variación de existencias (t)**

La producción diaria ácido sulfúrico corresponde a la suma de las producciones almacenadas durante un día, en los estanques D1 o D2.

#### PRODUCCION DIARIA DE H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

La masa diaria producida de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> se obtiene a partir de la Producción diaria de ácido sulfúrico y de la concentración diaria de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ingresada al sistema BART.

La concentración diaria de acido sulfúrico resulta de promediar las concentraciones de las muestras por turno. El operador Planta de Acido toma una muestra de 100 ml durante el turno, para determinar la concentración de la producción del turno.

El punto de muestreo esta en la línea de traspaso a los estanques D1 o D2. La producción diaria de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Producción diaria H}_2\text{SO}_4 = (\text{Producción diaria ácido sulfúrico}) * (\text{Concentración promedio diario de H}_2\text{SO}_4)$$

#### PRODUCCION MENSUAL DE ACIDO SULFURICO

La producción mensual de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> contenida en el ácido sulfúrico, se obtiene por sumatoria a partir de las producciones diarias de acido sulfúrico, corregida por un ajuste positivo o negativo a fin de mes, que se obtiene por varillado de los estanques.

##### Finos de azufre en ácido sulfúrico

Los finos de azufre contenidos en la Producción mensual de acido sulfúrico se obtiene por la formula:

$$\text{Finos mensuales de Azufre en ácido sulfúrico} = \text{Producción mensual de H}_2\text{SO}_4 \text{ en ácido sulfúrico} * [32/(2*1+32+16*4)]$$

##### Finos de cobre, fierro y arsénico, en ácido sulfúrico

Los finos de Cobre, Fierro y Arsénico contenidos en la Producción mensual de ácido sulfúrico, se determinan a partir de las muestras por turno que se acumulan para preparar el compósito semanal que finalmente se analiza químicamente para determinar las leyes de Cu, Fe y As de cada semana de producción de Acido Sulfúrico.

Los finos de Cu, Fe y As contenidos en la Producción semanal de ácido sulfúrico, se determinan por aplicación de las leyes del compósito semanal a la suma de producciones diarias (tmh) que corresponden a la semana.

$$\text{Fino Cu por semana (tmf)} = 10^{-6} * \text{Producción semanal (t)} * \text{ley Cu compósito semanal (ppm)}$$



**AngloAmerican**

$$\text{Fino Fe por semana (tmf)} = 10^{-6} * \text{Producción semanal (t)} * \text{ley Fe compósito semanal (ppm)}$$

$$\text{Fino As por semana (tmf)} = 10^{-6} * \text{Producción semanal (t)} * \text{ley As compósito semanal (ppm)}$$

Los finos de Cu, Fe y As contenidos en la Producción mensual de ácido sulfúrico, corresponden a la suma de los correspondientes finos semanales.

Las masas de cobre y fierro determinadas, son los finos de los respectivos elementos del FLUJO 51 ACIDO SULFÚRICO, del balance de Cu\_Fe.

#### Masa en ácido sulfúrico

La masa (peso seco) del FLUJO 51 ACIDO SULFÚRICO en el balance de Cu\_Fe, corresponde a la sumatoria de los finos de S, Cu, Fe y As determinados precedentemente. La masa total obtenida contribuye a equilibrar el contenido, que de los mismos elementos, han ingresado al proceso en los concentrados que se han consumido.

La Figura N°6 muestra la trazabilidad para la medición mensual de producción de ácido sulfúrico.

#### c) ACIDO GRADO "C" (FL52)

El peso seco del flujo N°52 Acido Grado "C" en el balance de cobre y fierro se determina como la sumatoria de los finos de Azufre, Cobre, Arsénico y Fierro en la producción mensual de Acido Grado "C".

Las mediciones mensuales de masa y finos asociados a la producción de ácido grado "C", se obtienen a partir del balance diario de los estanques en que se acumula, previo a su despacho.

La unidad de muestreo corresponde a la producción diaria de Acido sulfúrico grado "C", que la línea de flujo traspasa a los estanques E1 o E2.

#### PRODUCCION DIARIA DE ACIDO GRADO "C"

La masa diaria de ácido grado "C", producida por estanque, se calcula con las mediciones de los despachos y la variación de existencia, diarias por estanque.

#### Despachos diarios por estanque:

Los despachos diarios, se obtienen por pesaje de los camiones despachados durante el día, desde cada estanque.

#### Variación diaria de existencia por estanque

La variación de existencias de un día en particular, se obtiene a partir de la medición diaria de la variación de altura del estanque (cm), capturada por el sistema de control distribuido, y de los parámetros que el mismo sistema registra para cada estanque, con relación a la superficie de su base y la densidad del ácido sulfúrico grado "C".



**AngloAmerican**

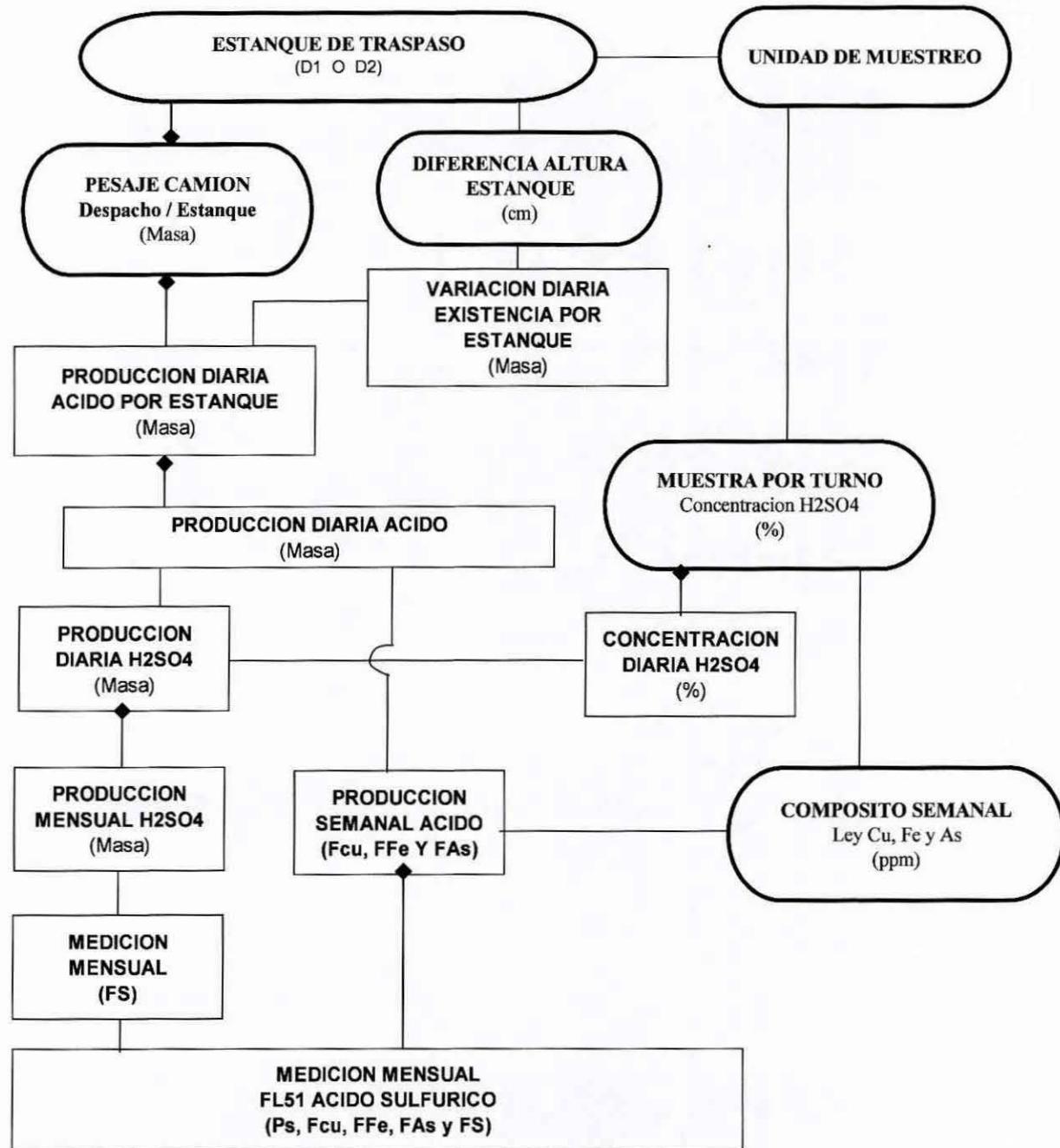
$$\Delta \text{ Existencia diaria} = \Delta \text{ Altura diaria} * \text{Área basal estanque} * \text{Densidad}$$

El factor [Área basal estanque \* Densidad (ácido grado "C")] ha sido tipificado para cada estanque en el sistema de control distribuido:

Estanque E1 : 0.4313 ton/cm  
Estanque E2 : 0.4313 ton/cm



AngloAmerican



— Una operación	<input type="checkbox"/> Mediciones	Ph, peso húmedo	Ps, peso seco	FCu, fino de cobre
◆ Varias operaciones	<input type="checkbox"/> Cálculo	FFe, fino de fierro	FAs, fino de arsénico	FS, fino de azufre

**Figura N°6: Medición mensual de ácido sulfúrico**



De esta manera se calcula la masa de la variación de existencia diaria ácido grado C (t) por estanque.

La producción diaria de ácido grado "C" por estanque, se calcula por la ecuación de inventario a partir de los despachos y variación de existencias, diarias por estanque.

$$\text{Producción diaria por estanque (t)} = \text{despachos (t)} + \text{variación de existencias (t)}$$

La Producción diaria ácido grado "C", se obtiene por sumatoria de la producción diaria asociada a cada estanque.

#### PRODUCCION DIARIA DE H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> EN ACIDO GRADO "C"

La masa diaria producida de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en acido grado "C" se obtiene a partir de la Producción diaria de ácido grado "C" y de la concentración diaria de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en acido grado "C".

La concentración diaria de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en acido sulfúrico grado "C", la determina Laboratorio Químico por volumetría, a partir de una muestra diaria. La muestra se obtiene por muestreo automático, en la línea de descarga de la torre de humidificación. El muestreador automático esta calibrado para tomar incrementos de 200 ml cada 3,33 m<sup>3</sup>

$$\text{Producción diaria H}_2\text{SO}_4 \text{ en ácido grado "C"} = \text{Producción diaria ácido grado "C"} * \text{Concentración diaria de H}_2\text{SO}_4 \text{ en Acido grado "C"}$$

En caso de falla del muestreador automático, la muestra diaria se obtendrá a razón de dos incrementos de 1,5 lt por turno, en el despiche de la bomba de la torre de humidificación.

#### PRODUCCION MENSUAL DE H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> EN ACIDO GRADO "C"

La producción mensual de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> contenida en el ácido grado "C", se obtiene por sumatoria de las producciones diarias de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en el ácido grado "C"

#### Finos de azufre en ácido grado "C"

Los finos de azufre contenidos en la Producción mensual de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> contenida en el ácido grado "C", se obtiene por la fórmula:

$$\text{Azufre mes en ácido grado "C"} = \text{Producción mensual de H}_2\text{SO}_4 \text{ en el ácido grado "C"} * [32/(2*1+32+16*4)]$$

#### Finos de cobre, fierro, arsénico en ácido grado "C"

La concentración de cobre, fierro y arsénico en la producción diaria de ácido grado "C", la determina Laboratorio Químico, a partir de la muestra diaria.

El volumen diario de ácido grado "C" producido, se calcula a partir de la producción diaria y su densidad. Los finos cobre, fierro y arsénico contenidos en dicha producción, resultan de aplicar sus concentraciones al volumen de ácido grado "C" producido en el día.



**AngloAmerican**

Los finos de Cu, Fe y As contenidos en la producción diaria, se obtiene por aplicación de la siguiente formula:

$$\text{Fino Cu por día (tmf)} = 10^{-6} * \text{Producción diaria (t) / densidad diaria (gr/cm}^3 \times \text{concentración diaria de cobre (mg/lt)}$$

$$\text{Fino Fe por día (tmf)} = 10^{-6} * \text{Producción del mes (t) / densidad del mes (gr/cm}^3 \times \text{ley ponderada de fierro (mg/lt)}$$

$$\text{Fino As por día (tmf)} = 10^{-6} * \text{Producción del mes (t) / densidad del mes (gr/cm}^3 \times \text{ley ponderada de arsénico (mg/lt)}$$

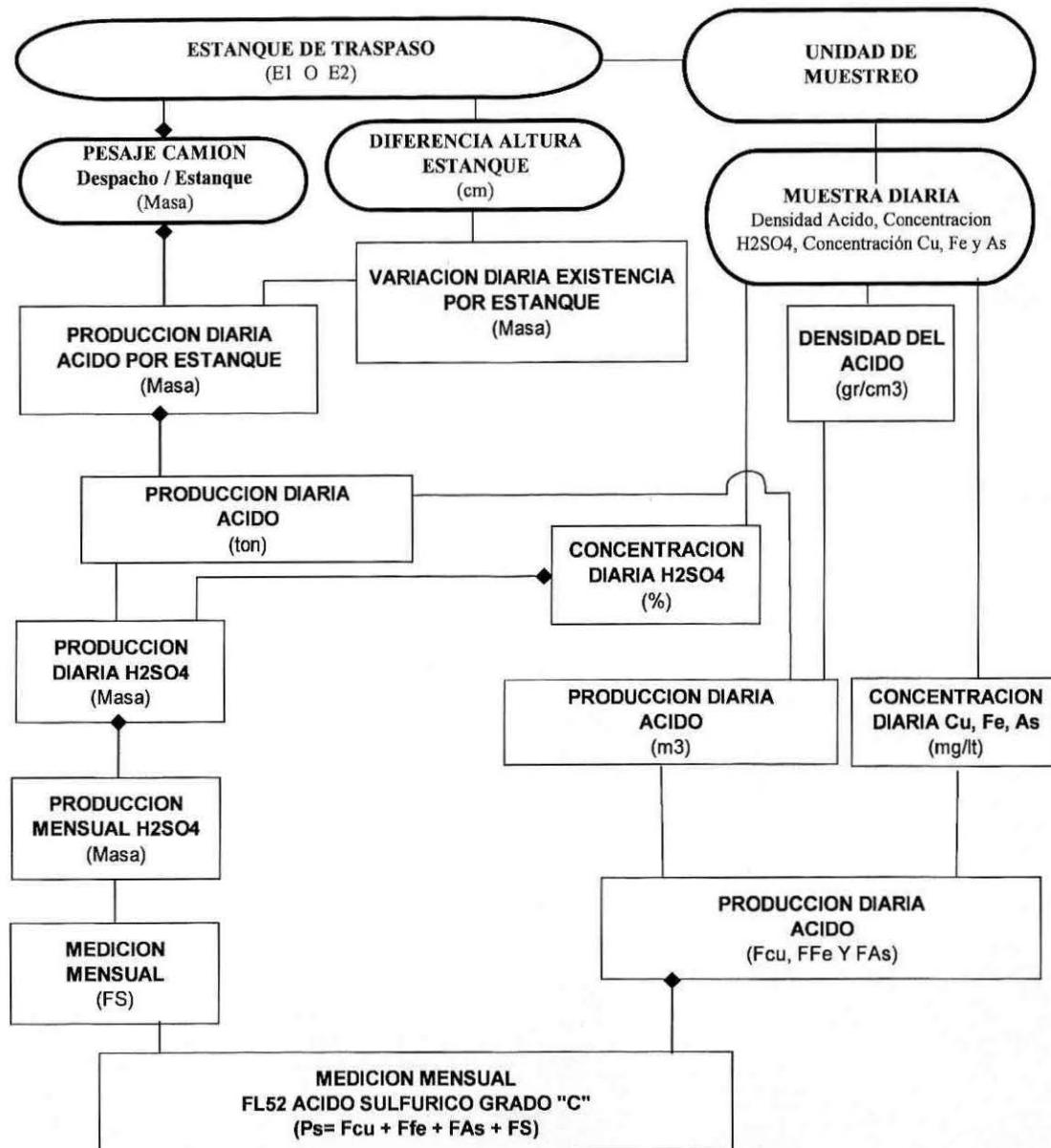
Los finos de Cu, Fe y As contenidos en la Producción mensual de ácido grado "C" corresponden a la suma de los correspondientes finos diarios.

Las masas de cobre y fierro así determinadas, son los finos de los respectivos elementos del FLUJO 52 ACIDO GRADO "C", del balance de Cu\_Fe.

#### Masa en ácido sulfúrico grado "C"

El "peso seco" del FLUJO 52 ACIDO GRADO "C", en el balance de Cu\_Fe, corresponde a la sumatoria de los finos de S, Cu, Fe y As determinados precedentemente. La masa total obtenida contribuye a equilibrar el contenido, que de los mismos elementos, han ingresado al proceso en los concentrados que se han consumido.

La Figura N°7 muestra la trazabilidad para la medición mensual de ácido grado "C".



— Una operación      ◻ Mediciones      Ph, peso húmedo      Ps, peso seco      FCu, fino de cobre  
 ◆ Varias operaciones      □ Cálculo      FFe, fino de fierro      FAs, fino de arsénico      FS, fino de azufre

**Figura N°7: Medición mensual de Acido sulfúrico grado “C”**

d) Escoria a botadero (FL54)

PRODUCCION DE ESCORIA A BOTADERO

La generación de escoria que proviene, tanto del Horno Flash como de los Hornos Convertidores, se sedimenta en Hornos de Limpieza de Escoria (HLE). La escoria a botadero generada en los HLE, se acumula en ollas de 14 m<sup>3</sup> antes de ser trasladada a piscinas de enfriamiento para muestreo en frío y finalmente a botadero. El Diagrama de flujo con las operaciones para producir escoria, se muestra en la Figura Nº8.

La unidad de muestreo corresponde a la generación diaria en las operaciones de escoriado de los HLE.

El sector escorial dispone de 10 piscinas de enfriamiento, cada una con capacidad para recibir un día de generación de primeras o segundas ollas. Por día de generación se asignan dos piscinas: una para primeras ollas y otra para segundas ollas.

Cada generación diaria se enfria durante dos días. Finalizado el periodo de enfriamiento, se pica la piscina y se muestrea la generación diaria de 1<sup>a</sup> y 2<sup>a</sup> olla con pala y balde de 7 litros. La muestra se forma con 12 incrementos aleatorios en zigzag, por piscina.

La cantidad de primeras ollas y de segundas ollas generadas en cada HLE, se registran por separado y diariamente para obtener la cantidad de primeras y segundas ollas del mes. El peso de la generación mensual de escoria a botadero, se obtiene por aplicación del peso de la olla promedio móvil de los tres últimos meses al número de ollas del mes.

El peso promedio móvil que caracteriza la masa de escoria contenida en cada una de las ollas generadas en el mes a balancear, se obtiene a partir de la cantidad de ollas mensuales y los pesos secos ajustados en los balances de Cu\_Fe en los últimos tres meses.

Los finos de Cu, Fe, As, S y SiO<sub>2</sub> contenidos en la generación diaria de primeras y segundas ollas de escoria, se obtienen por aplicación de la ley de la muestra por día al peso seco de cada piscina de escoria a botadero.

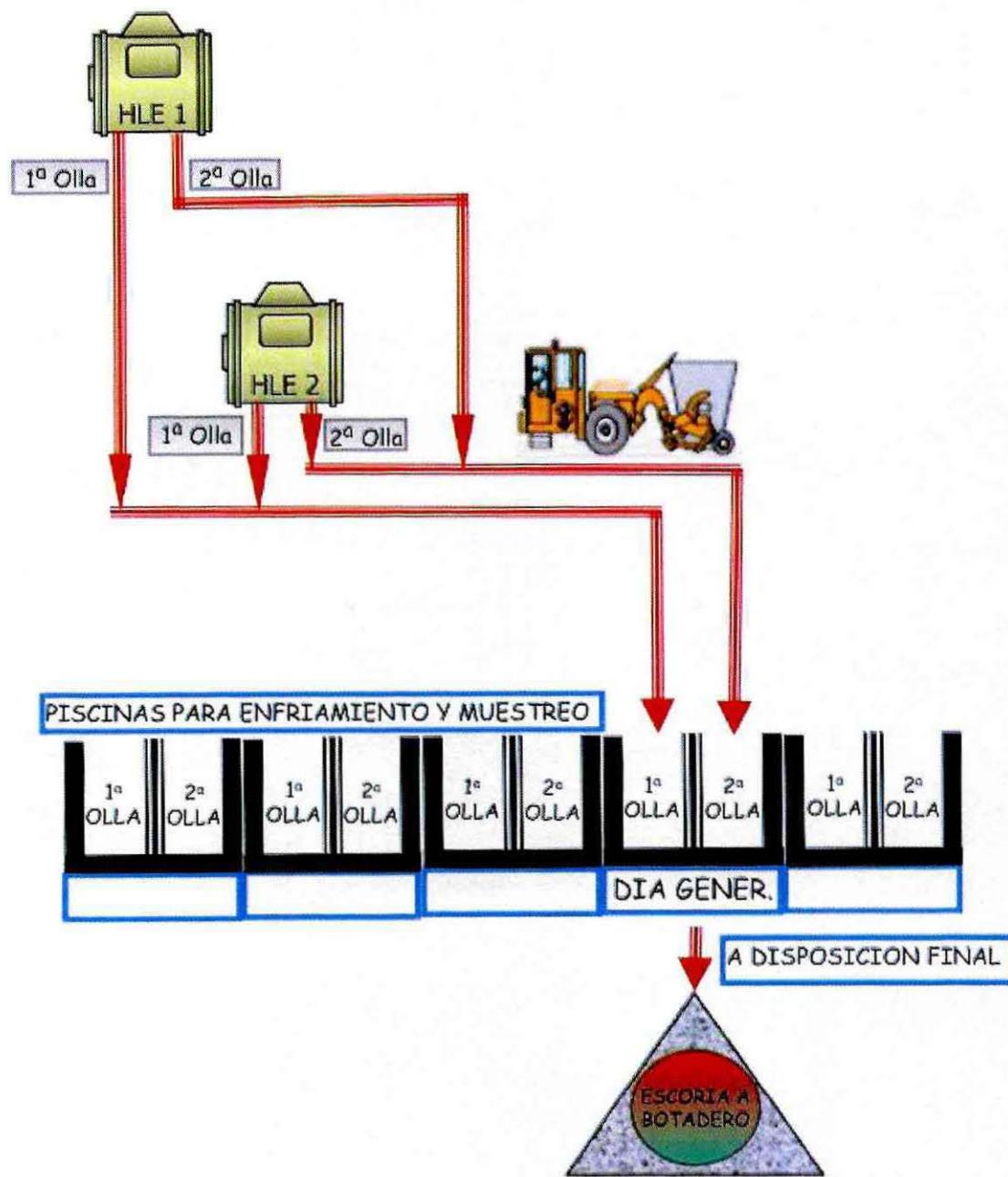


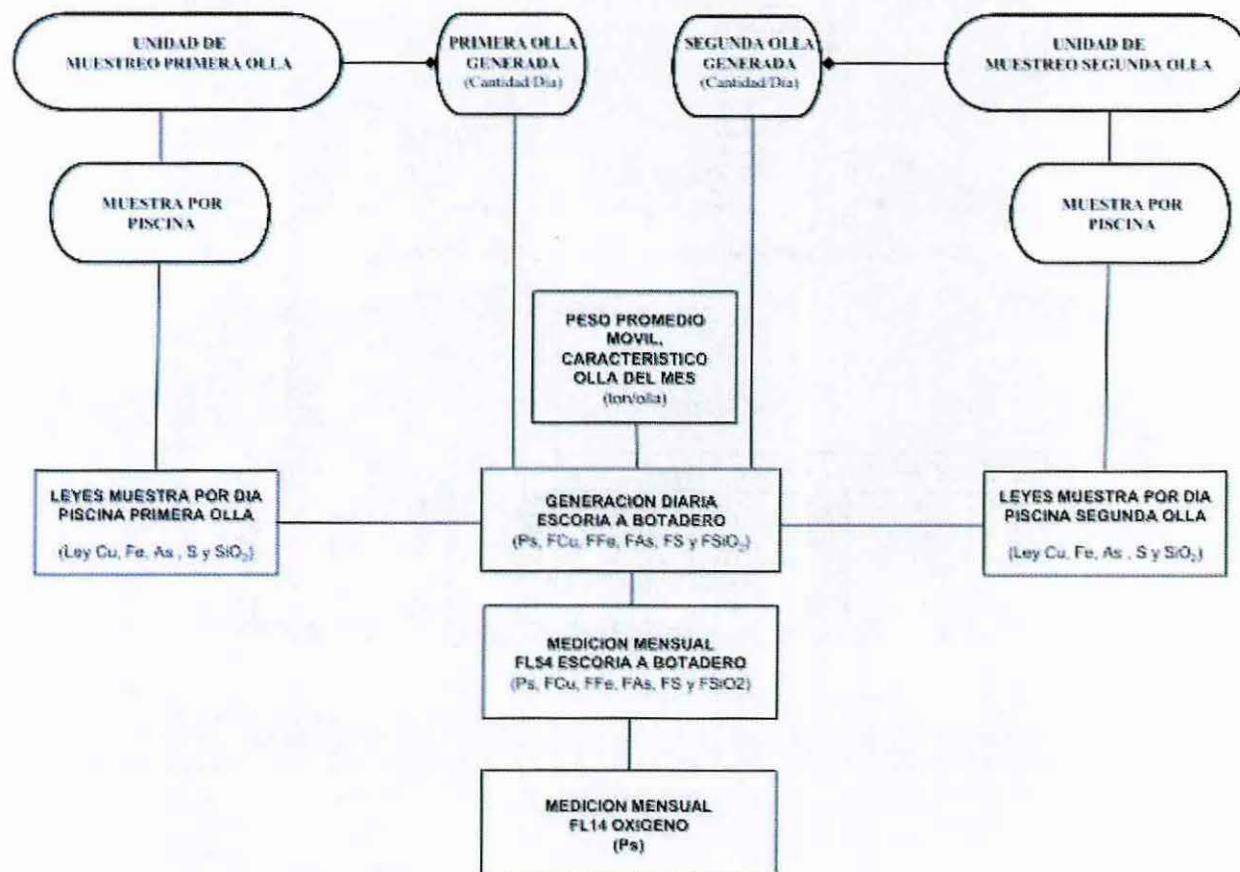
Figura N°8: Operaciones para la producción de escoria a botadero.



## MEDICION MENSUAL DE ESCORIA A BOTADERO Y OXIGENO

Los pesos secos y finos de Cu, Fe, As, S y SiO<sub>2</sub> correspondientes a la escoria a botadero generada en un mes, corresponden a la sumatoria que de dichos elementos, se han generado diariamente.

La Figura N°9 muestra la trazabilidad para la medición mensual de generación de escorias a botadero y consumo de Oxígeno.



- Una operación       Mediciones      Ph, peso húmedo      Ps, peso seco      FCu, fino de cobre
- ◆ Varias operaciones       Cálculo      FFe, fino de fierro      FAs, fino de arsénico      FS, fino de azufre

**Figura N°9: Medición mensual de la generación de escorias y consumo de oxígeno**



**e) Circulante generado (FL43)**

Las salidas relativas a la generación de circulante, son las mismas que se han medido para el nodo de Circulantes.

**f) Polvo generado (FL71)**

Las salidas relativas a la generación de polvo, son las mismas que se han medido para el Flujo 71 Polvo Generado del nodo de Polvo Fundición.

**g) Derrames (FL55)**

El peso seco y los finos de Cu, Fe, As y S contenidos en los productos derramados que eventualmente salen de la nave fundición en un mes particular, se pesan en bote o camión, dependiendo del producto que se trate. Las mediciones de peso seco y las leyes de Cu, Fe, S y As, se consideran como valores verdaderos y no se modifican por el cálculo del ajuste.

**h) Producto no habitual (FL70)**

El peso seco y finos de Cu, Fe, As y S contenidos en los productos eventuales que se saquen de la nave fundición en un mes particular, se pesan en bote o camión dependiendo del producto que se trate. Las mediciones de peso seco y las leyes de Cu, Fe, S y As, se consideran como valores verdaderos y no se modifican durante el cálculo del ajuste.



## 6.3 CORRIENTES NODO POLVOS FUNDICION

El polvo fundición es un producto que se extrae en botes con periodicidad variable del Precipitador Lurgi, la Cámara de mezcla o la Caldera para ser enfriado en piso. Cada bote generado se pesa en báscula.

El Polvo enfriado se embalsa y se almacena en una bodega exclusiva con acceso restringido, en espera de ser reprocesado en la misma fundición o despachado a una planta especializada, con el propósito de recuperar el fino de cobre.

El polvo generado corresponde el material extraído durante un día operacional desde cada fuente (Precipitador Lurgi, cámara de mezcla o caldera). El material se acumula en una sola tolva de enfriamiento. Para efectos del balance, el Peso seco y los finos de Cu, Fe, S y As de la generación mensual, se contabilizan en el FLUJO 71 POLVO GENERADO.

El polvo consumido se estima por aplicación del peso promedio de la bolsa a la cantidad de bolsas alimentadas a los Silos de Preparación de Carga durante un día operacional. Para efectos del balance, el Peso seco y los finos de Cu, Fe, S y As del consumo mensual, se contabilizan en el FLUJO 72 POLVO COSUMIDO.

Eventualmente se producen ventas de Polvos Fundición, que se despachan en bolsas sobre camiones para un cliente en particular. Los camiones se pesan en las básculas de producto final. Para efectos del balance, el peso seco y los finos de Cu, Fe, S y As, se contabilizan en el FLUJO 76 POLVO A VENTA.

### 6.3.1 EXISTENCIAS (NODO 70)

#### a) Existencia final

La existencia de fin de mes, se obtiene del acta de inventario elaborado por una "Comisión de Inventarios de Balance Metalúrgico".

#### b) Existencia inicial

La existencia al inicio del mes en el nodo, corresponde a la "Existencia Final Mes", ajustada por el balance del mes anterior.

### 6.3.2 ENTRADAS

#### a) Polvo generado (FL71)

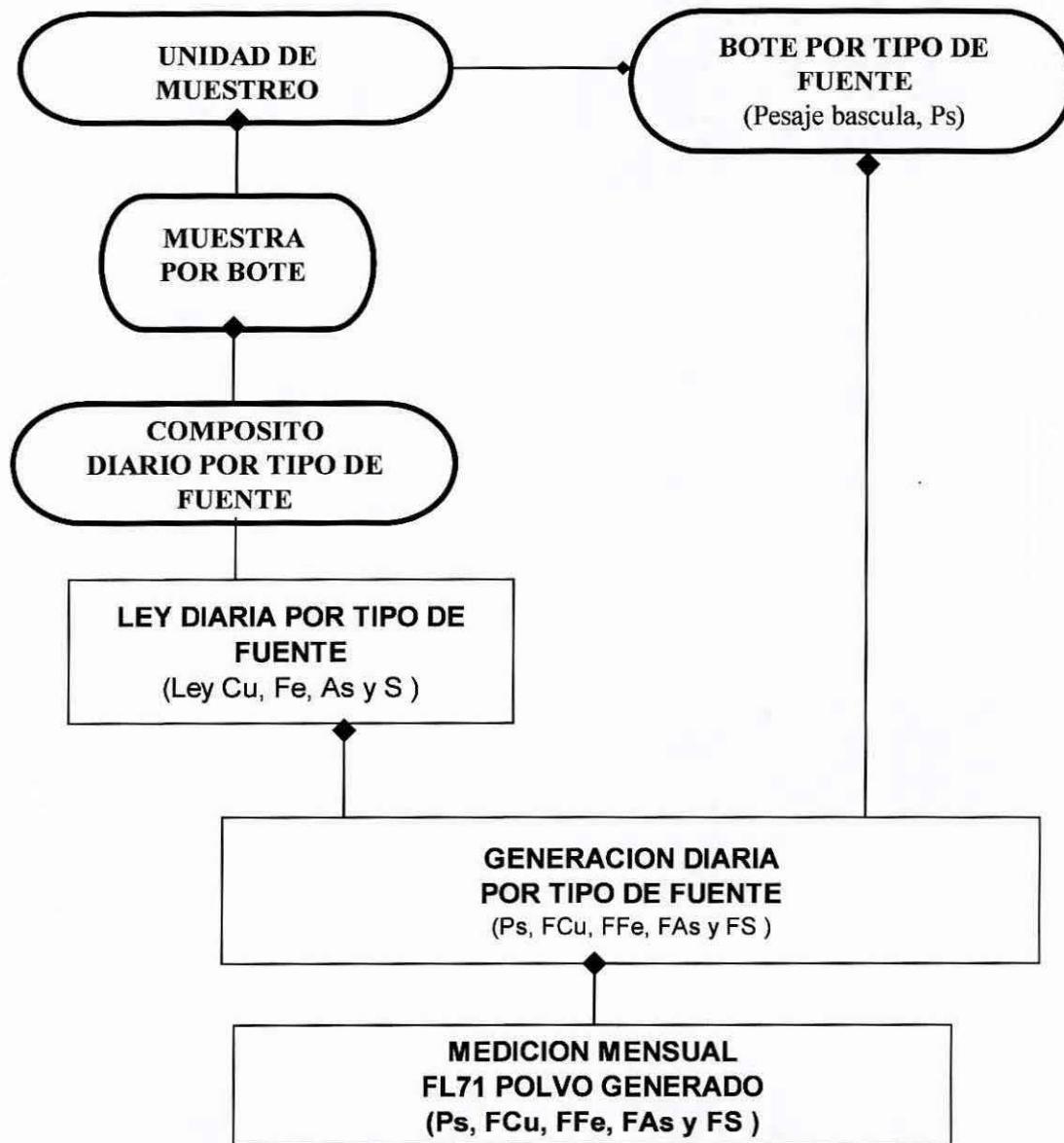
La generación diaria de Polvos Fundición se extrae desde las fuentes de origen (Precipitador Lurgi, Cámara de mezcla o Caldera) y se enfria en la tolva reservada para este efecto. El traslado desde cada fuente a la tolva de enfriamiento se realiza en botes que se pesan en báscula.



La unidad de muestreo corresponde a la cantidad de material extraído diariamente en botes, desde cada fuente.

La generación diaria de polvo corresponde a la suma del material extraído de cada fuente y las leyes diarias de Cu, Fe, S, y As resultan del análisis químico efectuado al compósito diario de cada fuente, que se forma a partir de las muestras tomadas en cada bote de 2 ton, a razón de tres incrementos por bote.

La Figura N°10 muestra la trazabilidad para la medición mensual de generación de polvo.



- |                      |                                     |                     |                       |                    |
|----------------------|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|--------------------|
| — Una operación      | <input type="checkbox"/> Mediciones | Ph, peso húmedo     | Ps, peso seco         | FCu, fino de cobre |
| ◆ Varias operaciones | <input type="checkbox"/> Cálculo    | FFe, fino de fierro | FAs, fino de arsénico | FS, fino de azufre |

**Figura N°10: Medición mensual de la generación de polvo**

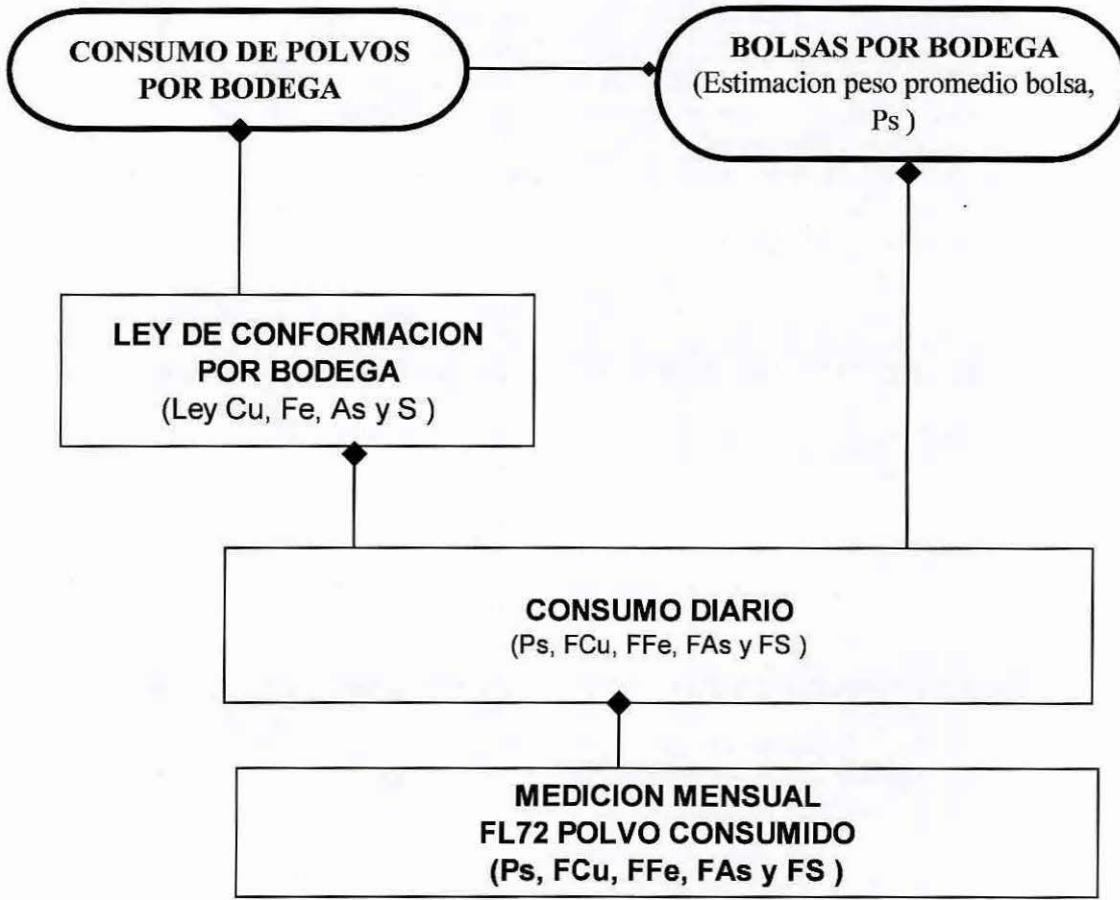
### 6.3.3 SALIDAS

#### a) Polvo consumido (FL72)

El consumo diario de Polvos corresponde a las bolsas, que retiradas de una misma bodega durante el día operacional, han alimentado los silos de preparación carga.

La masa de polvo consumida, se estima por aplicación del peso promedio de la bolsa a la cantidad de bolsas, que extraídas de una misma bodega, alimentan los Silos de Preparación de Carga, durante un día operacional. La cantidad de finos consumidos se determinan por aplicación de las leyes de Cu, Fe, As y S, de conformación de la bodega a la masa consumida.

La Figura N°11 muestra la trazabilidad para la medición mensual de consumo de polvo.



- |                      |                                     |                     |                       |                    |
|----------------------|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|--------------------|
| — Una operación      | <input type="checkbox"/> Mediciones | Ph, peso húmedo     | Ps, peso seco         | FCu, fino de cobre |
| ◆ Varias operaciones | <input type="checkbox"/> Cálculo    | FFe, fino de fierro | FAs, fino de arsénico | FS, fino de azufre |

**Figura N°11: Medición mensual del consumo de polvo**



**b) Polvo a venta (FL76)**

La venta de polvo corresponde al material retirado en bolsas desde la bodega, para atender clientes eventuales.

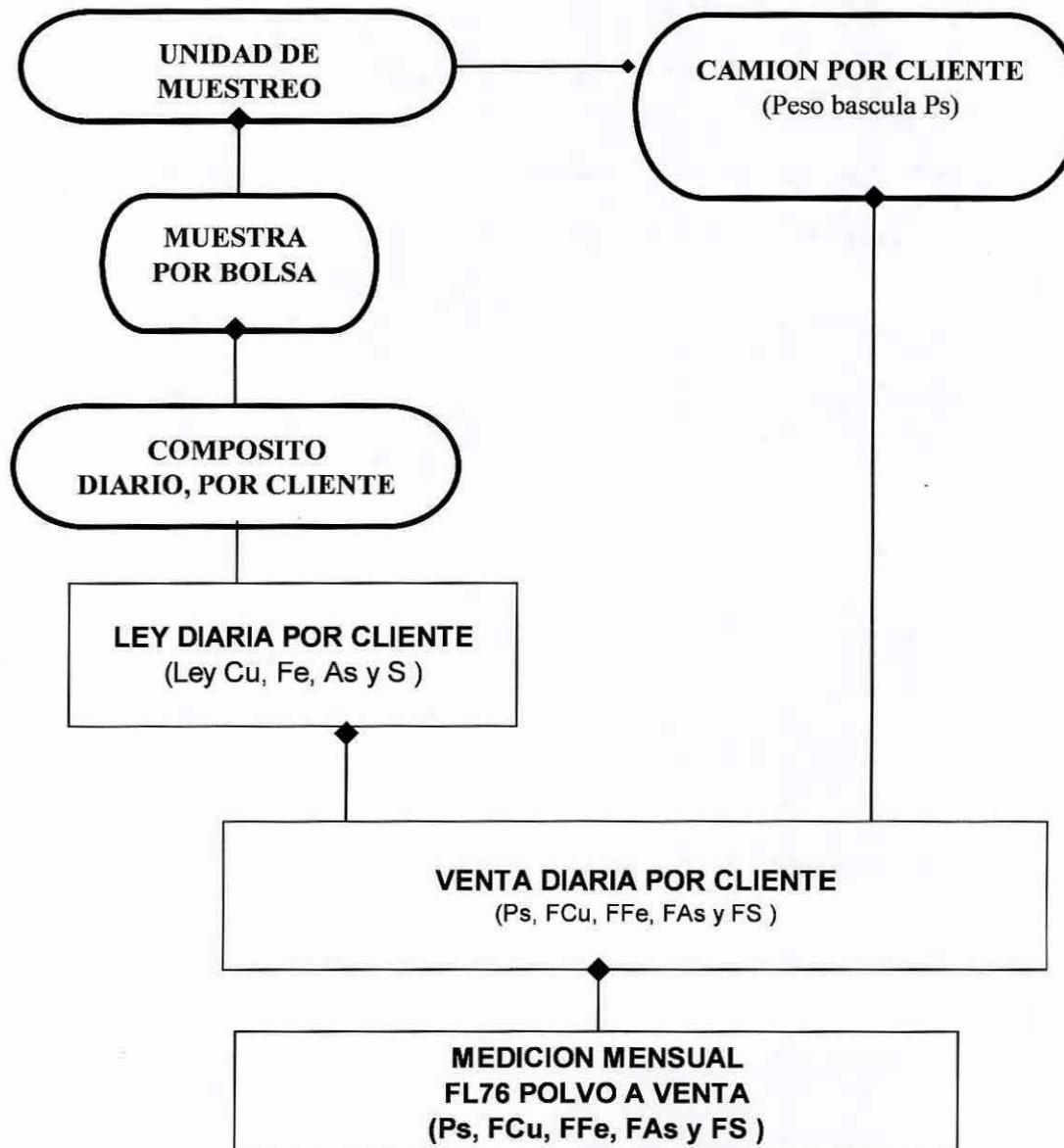
La unidad de muestreo corresponde a la cantidad de bolsas, que se han despachado durante el día, a un cliente en particular.

La venta diaria de polvo embolsado por cliente, se pesa en báscula sobre camión y las leyes diarias de Cu, Fe, S, y As resultan del análisis efectuado al compósito diario, que se forma a partir de las muestras tomadas en cada camión despachado, a razón de 2 incrementos por bolsa.

La Figura N°12 muestra la trazabilidad para la medición mensual de ventas de polvos.



**AngloAmerican**



- |                      |              |                     |                       |                    |
|----------------------|--------------|---------------------|-----------------------|--------------------|
| — Una operación      | □ Mediciones | Ph, peso húmedo     | Ps, peso seco         | FCu, fino de cobre |
| ◆ Varias operaciones | □ Cálculo    | FFe, fino de fierro | FAs, fino de arsénico | FS, fino de azufre |

**Figura N°12: Medición mensual de las ventas de polvo.**



#### 6.4 CORRIENTES NODO CIRCULANTE

Los productos intermedios, tanto sólidos como líquidos, que generados en los procesos de fusión, salen de los límites de proceso de fusión, se definen como Circulantes generados. El Diagrama de flujo con las operaciones para generar y consumir circulantes, se muestra en la Figura Nº13.

Las cargas sólidas, se conocen con el nombre genérico de "Carga fría salida nave" y corresponden entre otros, a fondos de olla, limpieza boca de convertidores, derrames de ollas, limpieza de canalas, etc.

Las cargas líquidas que normalmente circulan entre los equipos de la Fundición. Sin embargo, bajo ciertas condiciones operacionales, las cargas líquidas son consideradas como circulante generado. Las cargas líquidas generadas, abandonan los límites de proceso de fusión y se trasladan a piscinas de enfriamiento. (Eje FSF, Escoria No Tratada FSF, Escoria No Tratada Normal CPS, Escoria No Tratada Oxido CPS, Plateado HLE/CPS).

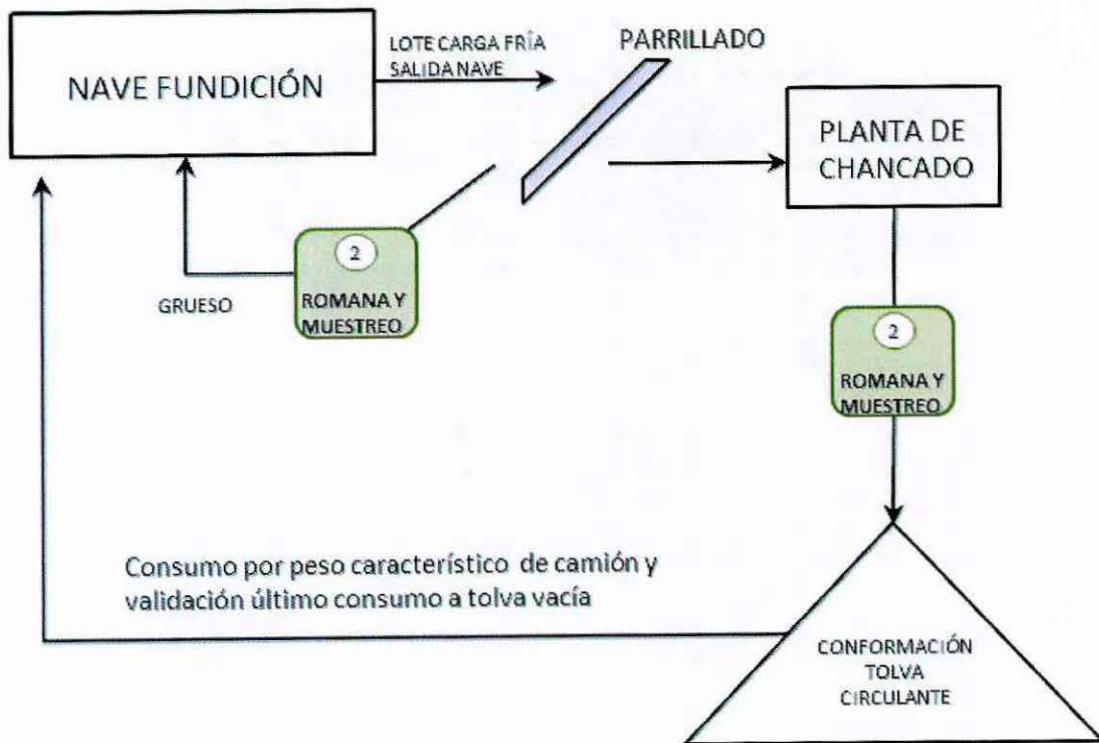
Los productos generados se trasladan en camión a los sectores de acopio de la Planta de Chancado, en espera para Parrillado y Chancado.

Para efectos del balance, los productos circulantes generados se contabilizan en el flujo CIRCULANTE GENERADO (FL43)

El proceso el Circulante generado en la Planta de Chancado, obtiene dos productos intermedios: Grueso Circulante (rechazo de la parrilla) y Fino circulante (resto chancado).

Para efectos del balance, el consumo de ambos productos se contabiliza en el flujo CIRCULANTE CONSUMIDO (FL44)

Eventualmente ocurren ventas de Fino circulante, que se despacha en camiones pesados en las básculas y muestrados. El producto vendido se contabiliza en el FLUJO 45 CIRCULANTE A VENTA.



**Figura Nº13: Operaciones para la generación y el consumo de circulantes.**



#### **6.4.1 EXISTENCIAS (NODO 60)**

##### **a) Existencia final**

La determinación del peso seco se obtiene del acta de inventario elaborado por una "Comisión de Inventarios de Balance Metalúrgico".

##### **b) Existencia inicial**

La existencia al inicio del mes en el nodo, corresponde a la "Existencia Final Mes", ajustada por el cálculo del balance del mes anterior.

#### **6.4.2 ENTRADAS**

##### **a) Circulante generado (FL43)**

El circulante sólido generado corresponde a productos intermedios, trasladados desde la nave fundición hacia la zona de acopio en Planta de chancado. Un lote circulante generado, corresponde a la cantidad de productos intermedios trasladados a la zona de acopio, durante uno o más días con un tope de 250t.

Una vez concluido el parrillado de cada lote de circulante generado, resulta un grueso circulante, que se pesa y muestrea sobre camión para su consumo inmediato en la Nave Fundición. La muestra se toma sobre camión, a razón de 6 incrementos sobre camión, en zigzag para obtener la muestra del Grueso circulante.

El resto del lote circulante generado, es procesado en la Planta de Chancado para obtener un producto el cual conforma una tolva, pesando en romana y muestreando cada camión a razón de 9 incrementos en zigzag sobre tolva.

El peso seco del lote circulante generado, se calcula sumando el peso de su respectivo grueso y su fino. Las leyes del lote circulante generado, se calculan a partir de los análisis efectuados a las muestras de grueso circulante sobre camión y del fino circulante al momento de conformar la tolva.

El circulante líquido generado corresponde a productos intermedios, trasladados desde la nave fundición hacia las piscinas de enfriamiento. El lote de circulante líquido generado, corresponde a la cantidad de producto líquido trasladado a la piscina de enfriamiento, durante un día con un tope de 250 t.

El peso seco se calcula por aplicación del peso característico de la olla (t/olla), a la cantidad de ollas de 14m<sup>3</sup> o 4m<sup>3</sup> vertidas en la piscina de enfriamiento. Las leyes resultan del análisis efectuado al compósito diario que se forma con las muestras de cada olla llevada a piscina de enfriamiento.

La Figura N°14 muestra la trazabilidad para la medición mensual del generación circulante generado.



AngloAmerican

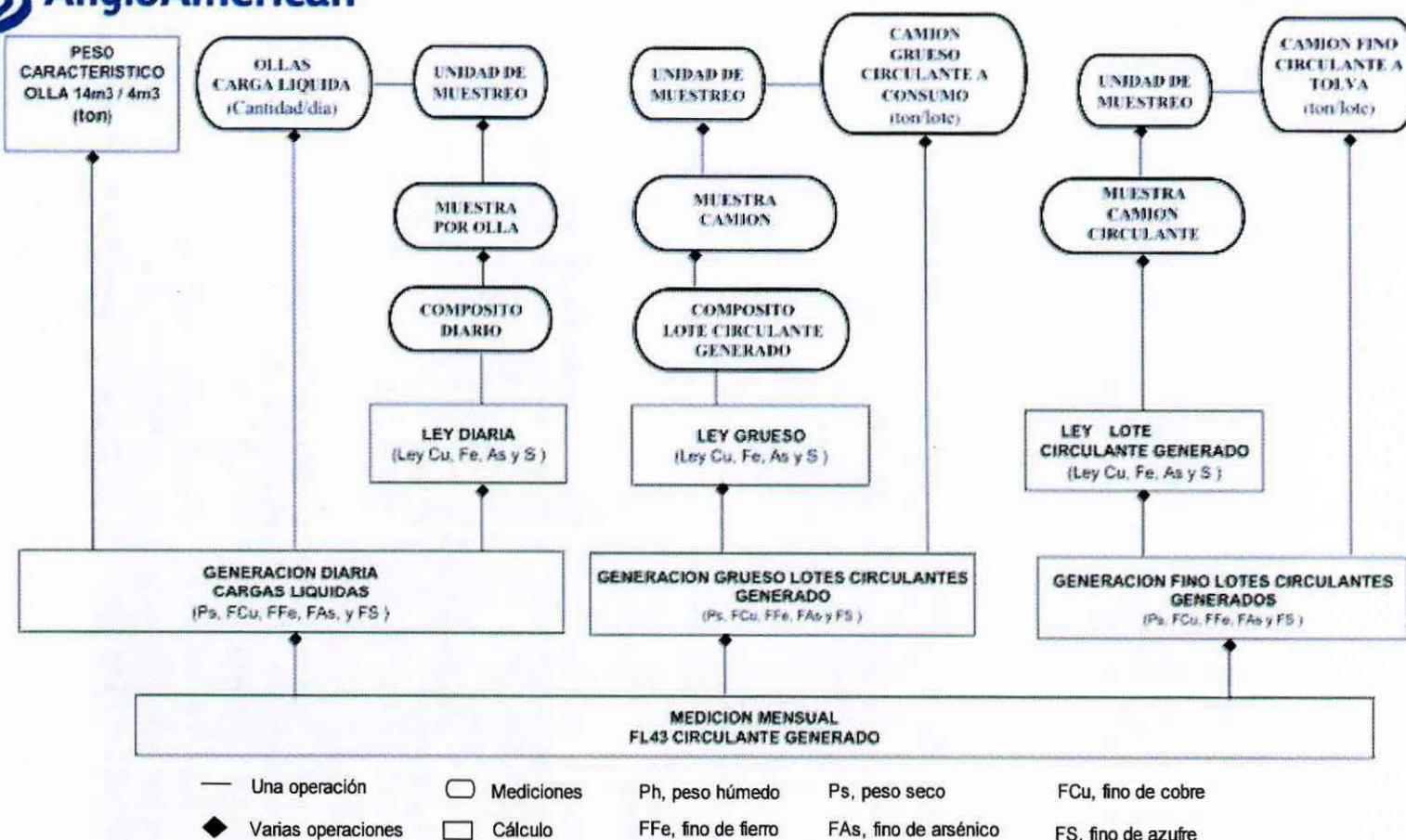


Figura N°14 Medición mensual de la generación de circulante.



#### 6.4.3 SALIDAS

##### a) Circulante consumido (FL44)

El circulante consumido corresponde a dos productos intermedios provenientes de la Planta de Chancado, que resultan del tratamiento efectuado a la generación de circulantes: Grueso Circulante y Fino Circulante.

Una vez concluido el parrillado de cada lote de circulante generado, resulta un grueso circulante, que se pesa y muestrea sobre camión para su consumo inmediato en la Nave Fundición. La muestra se toma sobre camión, a razón de 6 incrementos sobre camión, en zigzag para obtener la muestra del Grueso circulante a consumo.

El Fino circulante corresponde al resto del lote de circulante generado, que se ha procesado en la Planta de chancado (diámetro inferior a 4 mm).

La unidad de muestreo corresponde a la Pila de Fino circulante, que obtenido de un lote circulante generado, se ha transferido a una tolva de almacenamiento. La Pila es transferida en camiones pesados en báscula y muestreada en tolva de camión, a razón de 9 incrementos sobre tolva. Con los incrementos obtenidos se forma la muestra de la Pila. Las leyes de los finos se miden mediante el análisis químico de la muestra.

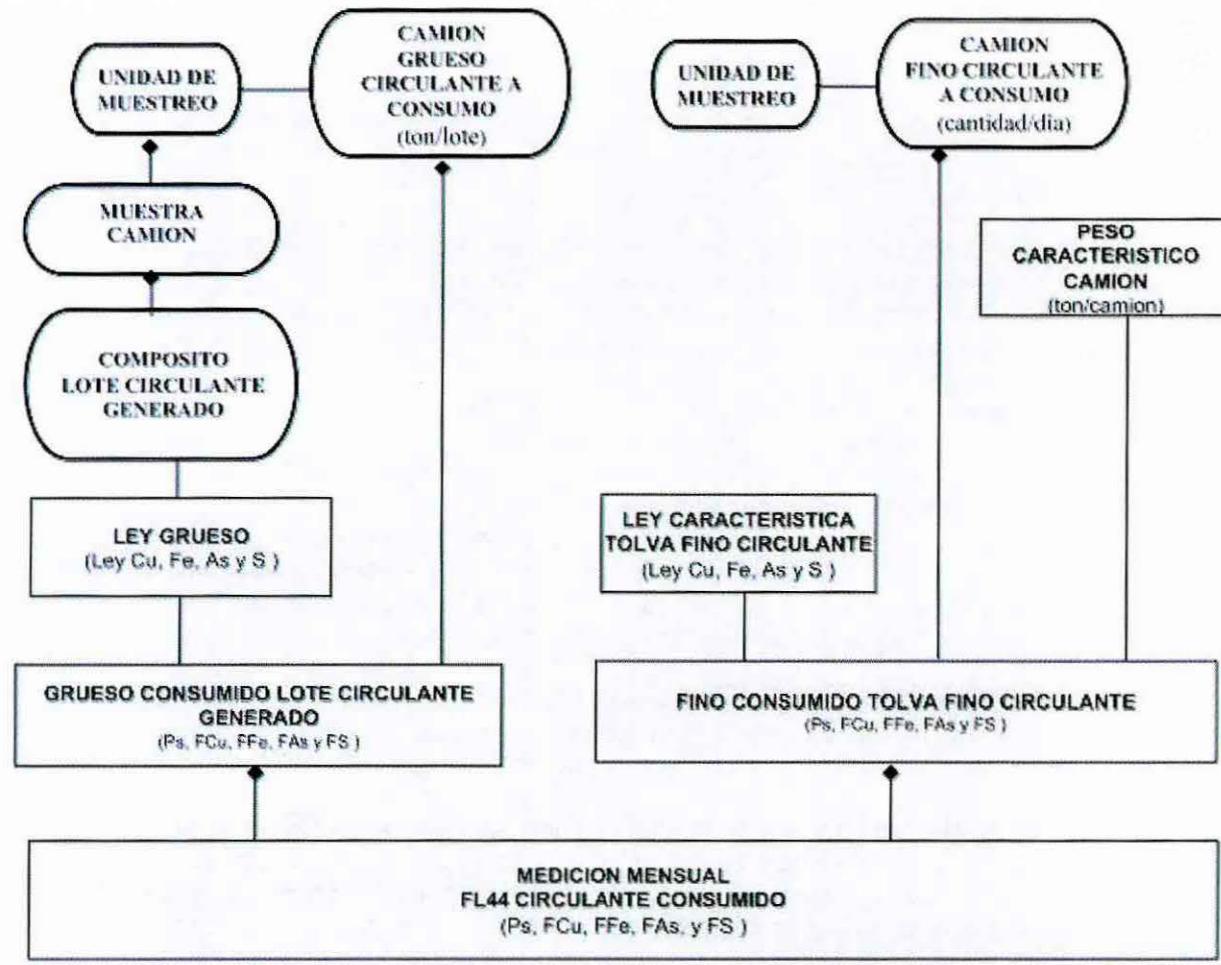
Una tolva cerrada se conforma con varias pilas de fino circulante. El peso y los finos de conformación de la Tolva, se obtienen por sumatoria de pesos y finos de las pilas que la conforman. Determinados el peso y los finos, se obtienen las leyes características de la Tolva.

El peso seco del consumo desde la tolva cerrada, se calcula aplicando el peso de un camino característico a la cantidad de camiones transferidos al proceso fundición, validado en el ultimo consumo con el peso de conformación de la tolva. Los finos del consumo desde tolva cerrada, se calculan aplicando la ley característica de la Tolva al peso seco del consumo.

La Figura N°15 muestra la trazabilidad para la medición mensual de consumo de circulante.



AngloAmerican



- Una operación      ◻ Mediciones      Ph, peso húmedo      Ps, peso seco      FCu, fino de cobre  
◆ Varias operaciones      □ Cálculo      FFe, fino de fierro      FAs, fino de arsénico      FS, fino de azufre

Figura N°15: Medición mensual de los consumos de circulantes

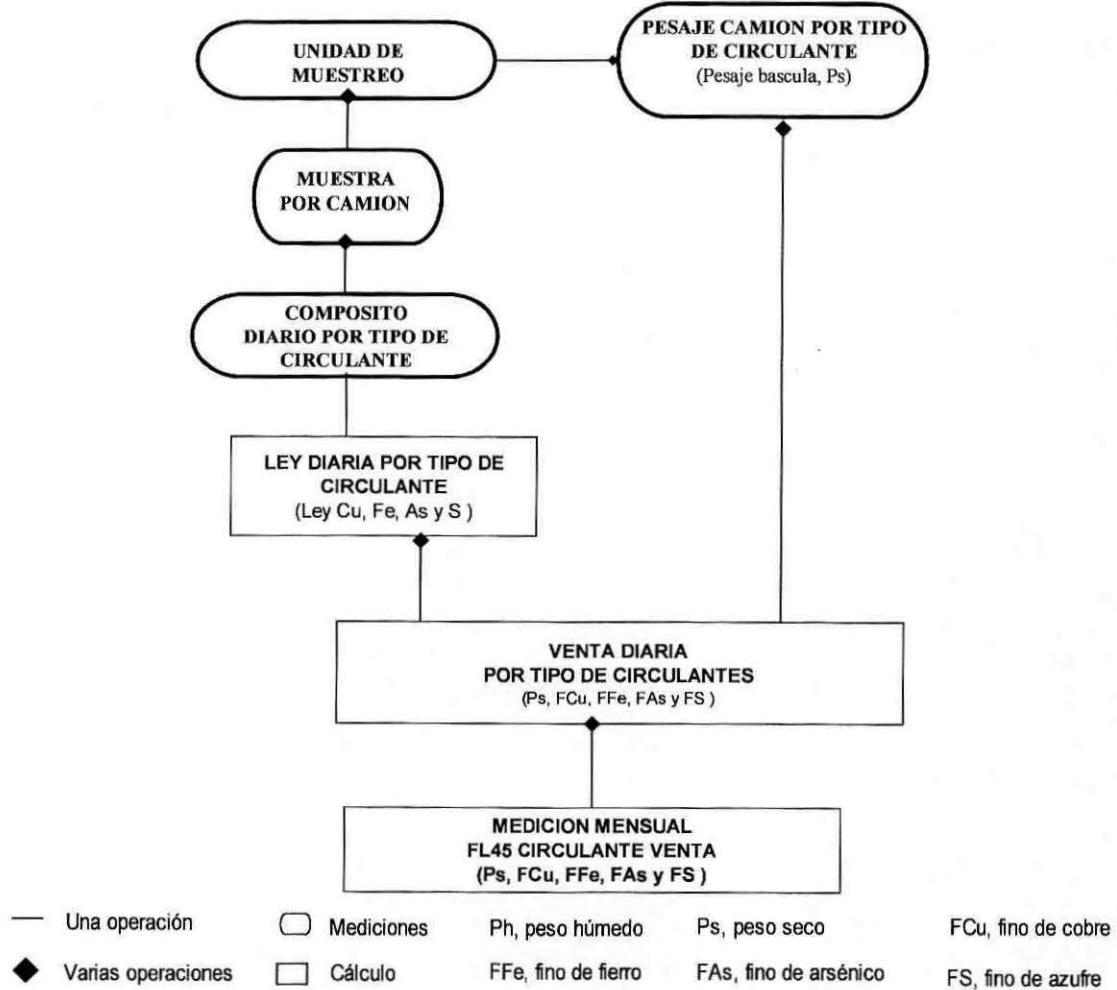
b) Circulante a venta (FL45)

La venta de circulante (Óxidos o Finos circulantes) corresponde al material retirado desde las canchas o tolvas de almacenamiento para atender las necesidades de clientes eventuales.

La unidad de muestreo corresponde a la cantidad de circulante despachada diariamente por tipo de circulante.

La venta diaria de circulantes corresponde a la masa despachada durante el día, desde tolvas o pilas de circulantes. Las leyes diarias de Cu, Fe, S, y As resultan del análisis efectuado al compósito diario, que se forma a partir de las muestras tomadas en cada camión pesado y despachado.

La Figura N°16 muestra la trazabilidad para la medición mensual de venta de circulante.



**Figura N°16: Medición mensual de la venta de circulantes**



**AngloAmerican**

## **6.5 CORRIENTES NODO ESCORIA**

El nodo de escoria está conformado por escoria generada por los hornos HLE N°1 y HLE N°2 que no es destinada como Escoria de Descarte. La generación es programada mensualmente en función de los inventarios y proyección de consumo de circulantes y escoria en fundición. Se establece como una derivación a pozos de enfriamiento que finalmente serán chancados y almacenados en tolvas.

Para efectos del balance, las escorias generadas se contabilizan en el flujo ESCORIA GENERADA (FL81)

Para efectos del balance, el consumo de la escoria almacenada se contabiliza en el flujo ESCORIA CONSUMIDA (FL82)

### **6.5.1 EXISTENCIAS (NODO 80)**

#### **a) Existencia final**

La determinación del peso seco se obtiene del acta de inventario elaborado por una "Comisión de Inventarios de Balance Metalúrgico".

#### **b) Existencia inicial**

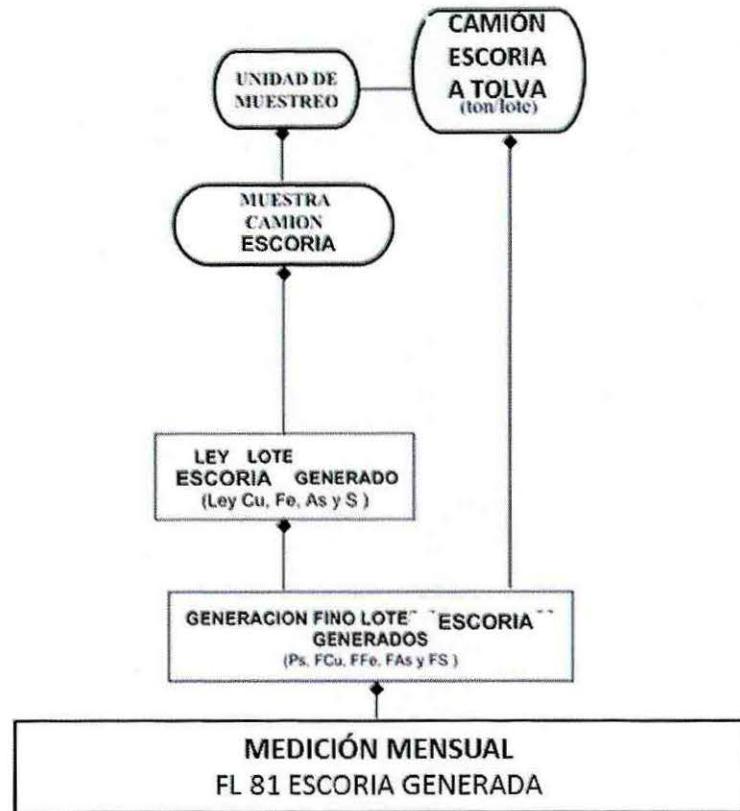
La existencia al inicio del mes en el nodo, corresponde a la "Existencia Final Mes", ajustada por el cálculo del balance del mes anterior.

### **6.5.2 ENTRADAS**

#### **a) Escoria generada (FL81)**

La escoria generada corresponde al material proveniente de los hornos de limpieza de escoria HLE N°1 y N°2 que fue programado destinar al nodo de escoria. El programa de generación de este material depende de los inventarios de circulante y escoria al comienzo de cada mes. El material es enfriado en 5 pozos y luego es enviado a la planta de chancado, el material fino bajo 4 mm es transportado mediante camiones los cuales son pesados y muestrados en tolva con 9 puntos en zigzag y dispuesto en tolvas de almacenamiento.

La Figura N°17 muestra la trazabilidad para la medición mensual de generación de escoria.



- Una operación       Mediciones      Ph, peso húmedo      Ps, peso seco      FCu, fino de cobre
- ◆ Varias operaciones       Cálculo      FFe, fino de fierro      FAs, fino de arsénico      FS, fino de azufre

**Figura N°17: Medición mensual de la generación de escoria**

### 6.5.3 SALIDAS

#### a) Escoria consumida (FL82)

La escoria se consume por factor de peso camión extraído de una tolva conformada (cerrada o en consumo), la ley de consumo corresponde a la ley característica de su conformación.

El peso seco del consumo desde la tolva cerrada, se calcula aplicando el peso de un camión característico a la cantidad de camiones transferidos al proceso fundición, validado en el último consumo con el peso de conformación de la tolva. Los finos del consumo desde tolva cerrada, se calculan aplicando la ley característica de la Tolva al peso seco del consumo. Figura N°18 muestra la trazabilidad para la medición mensual de consumo de escoria.



- Una operación       Mediciones      Ph, peso húmedo      Ps, peso seco      FQ<sub>1</sub>, fino de cobre
- ◆ Varias operaciones     Cálculo      FFe, fino de fierro      FAs, fino de arsénico      FS, fino de azufre

**Figura N°18 muestra la trazabilidad para la medición mensual de consumo de escoria.**

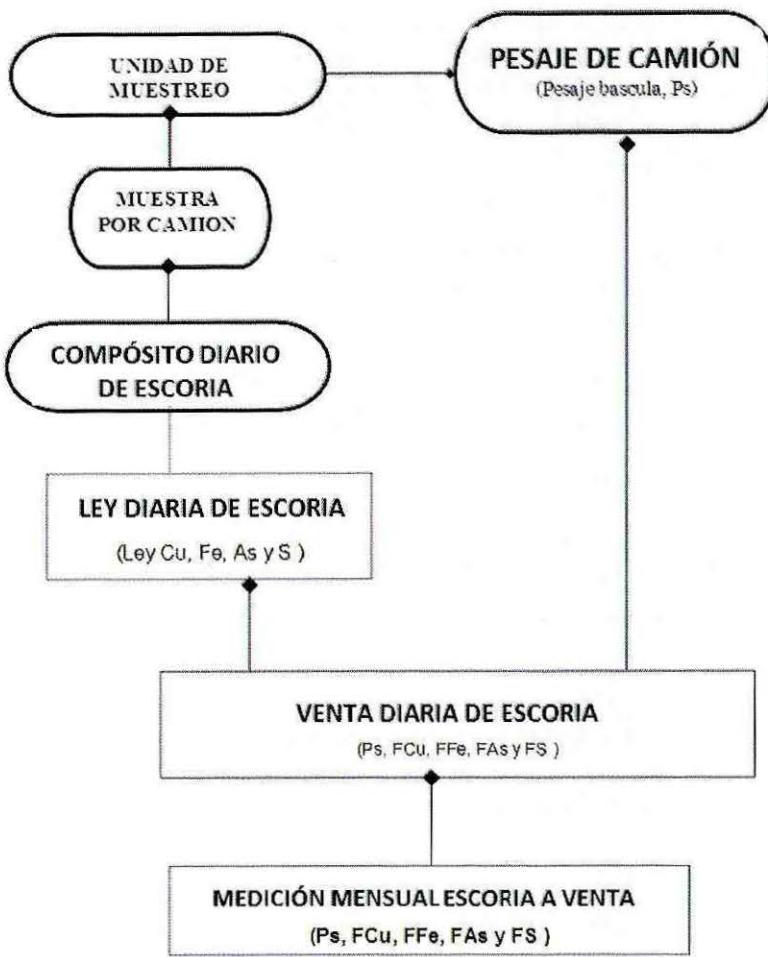
#### b) Escoria a venta (FL83)

La venta de circulante corresponde al material retirado desde las canchas o tolvas de almacenamiento para atender las necesidades de clientes eventuales.

La unidad de muestreo corresponde a la cantidad de escoria despachada diariamente.

La venta diaria de escoria corresponde a la masa despachada durante el día, desde tolvas o pilas de circulantes. Las leyes diarias de Cu, Fe, S, y As resultan del análisis efectuado al compósito diario, que se forma a partir de las muestras tomadas en cada camión pesado y despachado.

La Figura N°19 muestra la trazabilidad para la medición mensual de venta de escoria.



— Una operación       Mediciones      Ph, peso húmedo      Ps, peso seco      FQ<sub>Cu</sub>, fino de cobre  
 ◆ Varias operaciones       Cálculo      FFe, fino de fierro      FAs, fino de arsénico      FS, fino de azufre

**Figura N°19 muestra la trazabilidad para la medición mensual Venta de Escoria.**

## 6.6 ACUMULACIONES (Nodo 40, Nodo 70, Nodo 80 y Nodo 60)

El rol de la Superintendencia de Control Procesos de Chagres es revisar y validar, los Pesos Secos y Leyes, de los inventarios físicos de los Procesos de la Fundición, que no se refieren a los concentrados húmedos ni a los productos finales ánodos, blister y ácido sulfúrico.

Los inventarios que se determinan, comprenden los Nodos del Balance correspondientes a la Nave, el Polvo de Fundición y los Circulantes. Sus valores quedarán registrados en un acta de inventarios, constituyendo información base del Balance.



La Superintendencia de Control Procesos de Chagres será responsable de que la información entregada al Balance Metalúrgico, cuente con la Consistencia y Representatividad necesaria para su cálculo. Esto comprende tanto la determinación de Peso Seco de los materiales controlados, como su caracterización química, de acuerdo a estándares aprobados.

Los Nodos o Procesos definidos en el modelo del balance son los descritos a continuación:

El Nodo 40, identificado como Nave Fundición. Los inventarios de este Nodo son: Inventarios tanto de carga fría o sólidos como de líquidos, contenidos en el proceso que abarca desde los Silos de Concentrado en el Área Sur hasta la Rueda de Moldeo.

Como Carga Fría se entenderá; el material sólido contenido dentro de la Nave, bajo los HLE, Patio frente HLE, Tolva 2 Norte, Acopio de Fino Circulante en Área Sur, además de Moldes y piezas rechazadas a Carga Fría de la Producción Anódica.

Como carga líquida se entenderá el material fundido almacenado en los reactores de la Fundición al momento del cierre del mes proceso.

Los inventarios deben contar con leyes de Cobre y Fierro, para lo cual se deberá informar junto a los pesos secos asociados.

El Nodo 70, Polvo de Fundición, y el Nodo 60, Circulantes. En este se debe identificar los puntos de acumulación de circulantes en los sectores de CHEP, Planta Chancado, Tolvas 1 y 2 Escorial, y en cualquier otro lugar destinado a estos fines. Además las leyes estándar asociadas a estos materiales. En el caso de los productos destinado a Venta, se deben informar su Peso y Leyes.

La Superintendencia de Control Proceso, debe garantizar que la información cumpla con los procedimientos, recopilar la información para alimentar al Balance y desarrollar los cálculos correspondientes.

Como resultado de estas actividades se determinan las existencias para cada Nodo y se informa oficialmente las existencias del mes en acta con los siguientes contenidos:

Nodo Nave	: Carga sólidas y líquidas
Nodo Polvos	: Polvo de Fundición
Nodo Circulante	: Carga sólidas y líquidas solidificadas



## 7 MUESTREO

A continuación se presentan, para cada flujo, el proceso de muestreo para obtener la ley seca de As y S, puntos que se muestran esquemáticamente en la Figura N° 20.

**TABLA N° 5. Descripción de Muestreos**

Tipo de flujo	Punto de muestreo	Forma de determinación	Metodología	Frecuencia	Tipo de muestreo	Nº incrementos
<b>Entradas</b>						
Concentrado propio Cu/ Concentrado externo	Tolva de camión	La determinación de As y S es realizado por laboratorio externo.  As: Digestion Acida - Espectrofotometria de AAS  S: Leco Infrarojo	Muestreo por camión. Se forma un compósito con las muestras obtenidas de hasta 17 camiones (1 lote). El número de camiones que conforma el lote es determinado por la ley de Cu y/o As indicado referencialmente desde el origen. El compósito del lote de camiones se prepara y luego se envía a análisis.	Muestreo por camión, hasta formar un compósito de muestras obtenidas de 1 a 17 camiones	Manual con lanza de muestreo	9 incrementos por camión



Tipo de flujo	Punto de muestreo	Forma de determinación	Metodología	Frecuencia	Tipo de muestreo	Nº increm.
<b>Salidas</b>						
Ácido Sulfúrico	Línea de flujo	<p>La determinación de As y H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> es realizado por laboratorio externo.</p> <p>As: Digestión Acida -Espectroscopia ICP Óptico</p> <p>S: Se calcula estequiométricamente en base al contenido de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en el ácido cuantificado mediante volumetría ácido base.</p> $S \text{ ton} = T \text{ ton ácido} \cdot \%H_2SO_4 \cdot \frac{PM \text{ S}}{PM \text{ H}_2SO_4}$	<p>Se realiza compósito semanal (As), el que es enviado a análisis.</p> <p>Se realiza compósito día (S), el que es enviado a análisis.</p>	<p>Una muestra cada 8 horas (turno) con las que se forma un compósito día y semanal.</p>	Manual	1 cada 8 horas

Tipo de flujo	Punto de muestreo	Forma de determinación	Metodología	Frecuencia	Tipo de muestreo	Nº increm.
<b>Salidas</b>						
Ácido Sulfúrico grado C	Línea de flujo	<p>La determinación de As y H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> es realizado por laboratorio externo.</p> <p>As: Digestión Acida -Espectrofotometría de AAS</p> <p>S: Se calcula estequiométricamente en base al contenido de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en el ácido cuantificado mediante volumetría ácido base.</p> $S \text{ ton} = T \text{ ton ácido} \cdot \%H_2SO_4 \cdot \frac{PM \text{ S}}{PM \text{ H}_2SO_4}$	Cortador automático toma incrementos cada 2.5 m <sup>3</sup> . La muestra es retirada una vez al día para ser analizada.	Un corte cada 2.5 m <sup>3</sup> . Se forma un compósito día.	Cortador automático	Un corte cada 2.5 m <sup>3</sup>



Tipo de flujo	Punto de muestreo	Forma de determinación	Metodología	Frecuencia	Tipo de muestreo	Nº increm.
<b>Salidas</b>						
Ánodos	Ciclo de operación	La determinación de As y S es realizado por laboratorio externo. As: Digestión Acida - Espectrofotometría de AAS S: Leco Infrarrojo	Muestreo por ciclo de moldeo. Dependiendo de los requerimientos del cliente se selecciona el 1 o 5% de las piezas moldeadas. Los ánodos seleccionados son muestreados con taladro obteniéndose 2 ó 5 puntos dependiendo de los requerimientos del cliente. Con las muestras obtenidas de todos los ánodos muestreados del ciclo se forma compósito el que se prepara y analiza.	Muestreo por ciclo de moldeo	Manual con taladro.	2 a 5 puntos por ánodos dependiendo del cliente.
Escoria de descarte	Cancha	La determinación de As y S es realizado por laboratorio externo. As: Digestión Acida - Espectrofotometría de AAS S: Leco Infrarrojo	En cada escoriado de los hornos de limpieza de escoria se producen dos ollas con escoria. Ambas ollas poseen diferentes contenidos de cobre, por lo que son vertidas en dos canchas por separado. Todos los escoriados de un día son dispuestos en las mismas dos canchas. Una vez al día se obtiene una muestra de cada cancha, las que son preparadas y analizadas por separado.	Muestreo diario por cancha.	Manual con pala de muestreo	12 incrementos por cancha



Tipo de flujo	Punto de muestreo	Forma de determinación	Metodología	Frecuencia	Tipo de muestreo	N° increm.
Circulantes						
Carga fría (Fino)	Tolva de camión	La determinación de As y S es realizado por laboratorio externo. As: Digestión Acida - Espectrofotometría de AAS S: Leco Infrarrojo	<ol style="list-style-type: none"><li>El material obtenido desde piso de los hornos de fusión y de limpieza de escoria son recolectados y acopiados hasta lograr 300 ton aproximadamente (Una campaña). Posteriormente son harneados y el material pasante es enviado a planta de chancado.</li><li>La escoria no tratada generada en horno de fusión y conversión, es enviada a la planta de chancado. Ambos materiales luego de ser chancados son cargados en camiones desde donde se muestrea. Todos los camiones cargados por tanda de chancado son muestreados y se genera un compósito. La muestra es preparada y enviada a análisis.</li></ol>	Muestreo por campaña de chancado	Manual con pala de muestreo	9 incrementos por camión
Carga fría (gruesa)	Carga en zona de acopio	La determinación de As y S es realizado por laboratorio externo. As: Digestión Acida - Espectrofotometría de AAS S: Leco Infrarrojo	El material obtenido desde piso de los hornos de fusión y de limpieza de escoria son recolectados y acopiados hasta lograr 300 ton aproximadamente (Una campaña). Posteriormente son harneados y el material retenido es acopiado desde donde se muestrea. La muestra luego se prepara y envía a análisis.	Muestreo por campaña de chancado	Manual con pala de muestreo	9 incrementos por acopio



Tipo de flujo	Punto de muestreo	Forma de determinación	Metodología	Frecuencia	Tipo de muestreo	Nº increm.
<b>Circulantes</b>						
Polvos metalúrgicos	Contenedor	La determinación de As y S es realizado por laboratorio externo. As: Digestión Acida - Espectrofotometría de AAS S: Leco Infrarrojo	El material recolectado desde ductos y equipos de tratamiento de gases son dispuestos en contenedores desde donde se muestrea. Se forma un compósito con todas las muestras recolectadas en un día. El material luego es preparado y enviado a análisis.	Muestreo por retiro. Se realiza un compósito con todas las muestras recolectadas en un día.	Manual con pala de muestreo	6 incrementos por contenedor
Escorias recuperadas	Tolva de camión	La determinación de As y S es realizado por laboratorio externo. As: Digestión Acida - Espectrofotometría de AAS S: Leco Infrarrojo	Las escorias generadas en los hornos de limpieza que son seleccionadas para ser recirculadas al proceso, son chancadas, cargadas en camiones y muestreadas en tolvas. Se forma un compósito de las muestras obtenidas de todos los camiones originados en una campaña de chancado. La muestra es preparada y posteriormente enviada a análisis químico.	Muestreo por generación	Manual con pala de muestreo	9 incrementos por camión

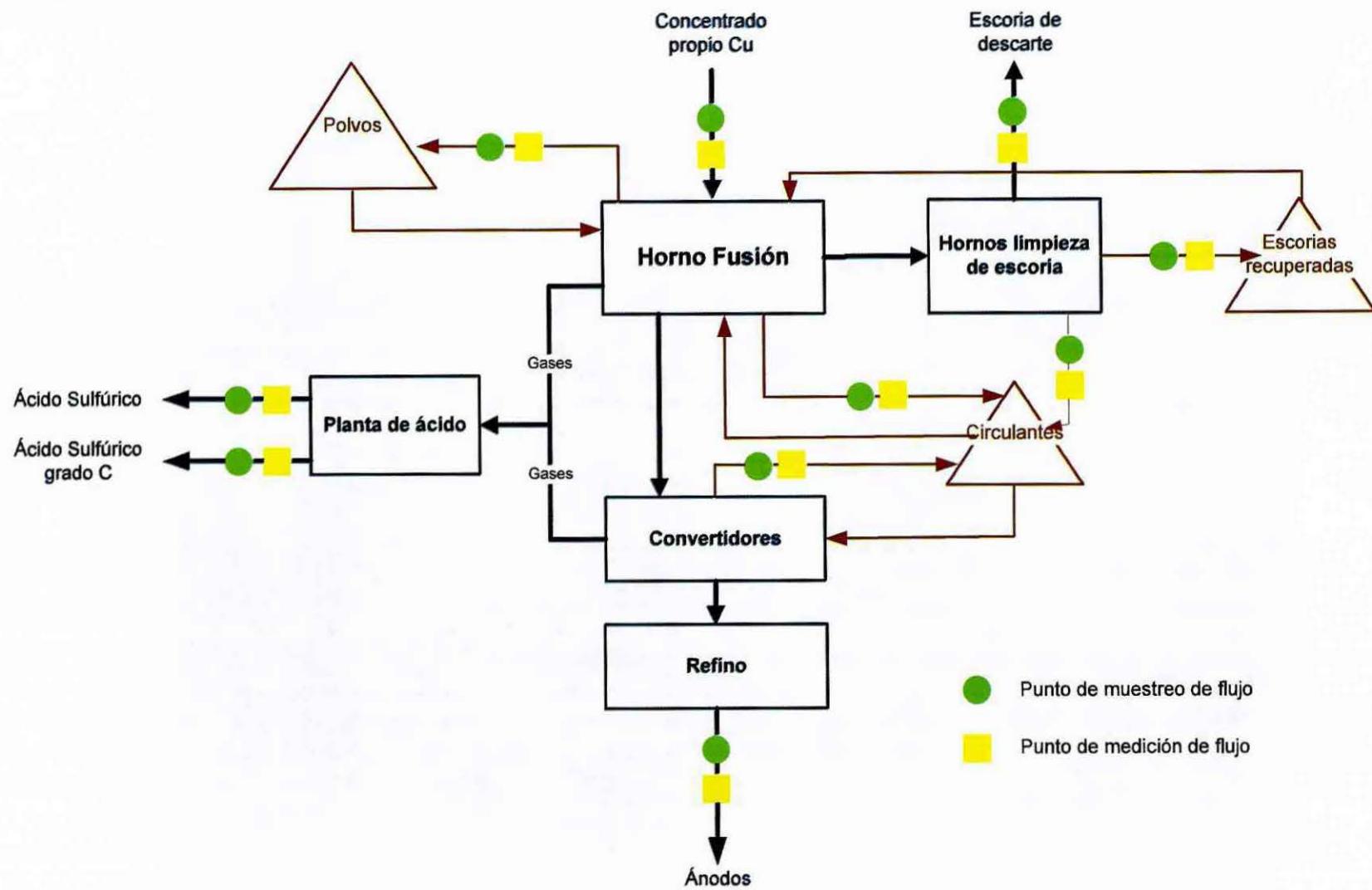


Figura N° 20: Diagrama con los puntos de medición y muestreo para Balance



## 8 ANALISIS QUIMICO

TABLA N° 6. Descripción del Análisis Químico

\*Nota: Según lo indicado en tabla 5, el contenido de S en ácido sulfúrico y ácido sulfúrico grado C se calcula mediante relación estequiométrica en base al contenido medido de  $H_2SO_4$  en estos.

Tipo de flujo	Frecuencia de análisis	Tipo de muestreo/equipos	Límites detección As	Límite detección S	Técnica análisis As	Error As	Técnica análisis S	Error S																						
Entradas																														
Concentrado propio Cu/ Concentrado externo	Una muestra por compósito de un lote de camiones	Manual con lanza de muestreo	50 ppm	0.01%	Digestión Acida - Espectrofotometría de AAS	5%	Leco Infrarrojo	<table border="1"><thead><tr><th colspan="2">S LECO Infrarrojo</th></tr><tr><th>S (%)</th><th>Error (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>S &lt; 0.001</td><td>&gt; 50%</td></tr><tr><td>0.001 ≥ S &lt; 0.010</td><td>50% -30%</td></tr><tr><td>0.010 ≥ S &lt; 0.050</td><td>30% - 15%</td></tr><tr><td>0.05 ≥ S &lt; 0.10</td><td>15% - 8%</td></tr><tr><td>0.10 ≥ S &lt; 0.50</td><td>8% - 6%</td></tr><tr><td>0.50 ≥ S &lt; 1.00</td><td>6% - 5%</td></tr><tr><td>1.00 ≥ S &lt; 2.00</td><td>5% - 4%</td></tr><tr><td>2.00 ≥ S &lt; 5.00</td><td>4%</td></tr><tr><td>S &gt; 5.00</td><td>&lt; 4%</td></tr></tbody></table>	S LECO Infrarrojo		S (%)	Error (%)	S < 0.001	> 50%	0.001 ≥ S < 0.010	50% -30%	0.010 ≥ S < 0.050	30% - 15%	0.05 ≥ S < 0.10	15% - 8%	0.10 ≥ S < 0.50	8% - 6%	0.50 ≥ S < 1.00	6% - 5%	1.00 ≥ S < 2.00	5% - 4%	2.00 ≥ S < 5.00	4%	S > 5.00	< 4%
S LECO Infrarrojo																														
S (%)	Error (%)																													
S < 0.001	> 50%																													
0.001 ≥ S < 0.010	50% -30%																													
0.010 ≥ S < 0.050	30% - 15%																													
0.05 ≥ S < 0.10	15% - 8%																													
0.10 ≥ S < 0.50	8% - 6%																													
0.50 ≥ S < 1.00	6% - 5%																													
1.00 ≥ S < 2.00	5% - 4%																													
2.00 ≥ S < 5.00	4%																													
S > 5.00	< 4%																													
Salidas																														
Ácido Sulfúrico	Una muestra cada 8 horas (turno) con las que se forma un compósito día (S) y semanal (As).	Manual	0.2 ppm	*0.01% límite de detección del contenido $H_2SO_4$	Digestión Acida - Espectroscopía ICP Óptico	5%	*Volumetría ácido base	*1% error de medición de contenido $H_2SO_4$																						



Tipo de flujo	Frecuencia de análisis	Tipo de muestreo/equipos	Límites detección As	Límite detección S	Técnica análisis As	Error As	Técnica análisis S	Error S																						
<b>Entradas</b>																														
Ácido Sulfúrico grado C	Un corte cada 2.5 m3. Se forma un compósito día.	Cortador automático	5 ppm	*0.01% límite de detección del contenido H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Digestión Acida - Espectrofotometría de AAS	5%	*Volumétrica ácido base	*1% error de medición de contenido H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>																						
Ánodos	Muestra por ciclo de muestreo	Manual con taladro	1 ppm	2 ppm	Digestión Acida - Espectrofotometría de AAS	5%	Leco Infrarrojo	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">S LECO Infrarrojo</th> </tr> <tr> <th>S (%)</th> <th>Error (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>S &lt; 0.001</td> <td>&gt; 50%</td> </tr> <tr> <td>0.001 ≥ S &lt; 0.010</td> <td>50% -30%</td> </tr> <tr> <td>0.010 ≥ S &lt; 0.050</td> <td>30% - 15%</td> </tr> <tr> <td>0.05 ≥ S &lt; 0.10</td> <td>15% - 8%</td> </tr> <tr> <td>0.10 ≥ S &lt; 0.50</td> <td>8% - 6%</td> </tr> <tr> <td>0.50 ≥ S &lt; 1.00</td> <td>6% - 5%</td> </tr> <tr> <td>1.00 ≥ S &lt; 2.00</td> <td>5% - 4%</td> </tr> <tr> <td>2.00 ≥ S &lt; 5.00</td> <td>4%</td> </tr> <tr> <td>S &gt; 5.00</td> <td>&lt; 4%</td> </tr> </tbody> </table>	S LECO Infrarrojo		S (%)	Error (%)	S < 0.001	> 50%	0.001 ≥ S < 0.010	50% -30%	0.010 ≥ S < 0.050	30% - 15%	0.05 ≥ S < 0.10	15% - 8%	0.10 ≥ S < 0.50	8% - 6%	0.50 ≥ S < 1.00	6% - 5%	1.00 ≥ S < 2.00	5% - 4%	2.00 ≥ S < 5.00	4%	S > 5.00	< 4%
S LECO Infrarrojo																														
S (%)	Error (%)																													
S < 0.001	> 50%																													
0.001 ≥ S < 0.010	50% -30%																													
0.010 ≥ S < 0.050	30% - 15%																													
0.05 ≥ S < 0.10	15% - 8%																													
0.10 ≥ S < 0.50	8% - 6%																													
0.50 ≥ S < 1.00	6% - 5%																													
1.00 ≥ S < 2.00	5% - 4%																													
2.00 ≥ S < 5.00	4%																													
S > 5.00	< 4%																													
Escoria de descarte	Muestra diaria	Manual con pala de muestreo	50 ppm	0.01%	Digestión Acida - Espectrofotometría de AAS	5%	Leco Infrarrojo	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">S LECO Infrarrojo</th> </tr> <tr> <th>S (%)</th> <th>Error (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>S &lt; 0.001</td> <td>&gt; 50%</td> </tr> <tr> <td>0.001 ≥ S &lt; 0.010</td> <td>50% -30%</td> </tr> <tr> <td>0.010 ≥ S &lt; 0.050</td> <td>30% - 15%</td> </tr> <tr> <td>0.05 ≥ S &lt; 0.10</td> <td>15% - 8%</td> </tr> <tr> <td>0.10 ≥ S &lt; 0.50</td> <td>8% - 6%</td> </tr> <tr> <td>0.50 ≥ S &lt; 1.00</td> <td>6% - 5%</td> </tr> <tr> <td>1.00 ≥ S &lt; 2.00</td> <td>5% - 4%</td> </tr> <tr> <td>2.00 ≥ S &lt; 5.00</td> <td>4%</td> </tr> <tr> <td>S &gt; 5.00</td> <td>&lt; 4%</td> </tr> </tbody> </table>	S LECO Infrarrojo		S (%)	Error (%)	S < 0.001	> 50%	0.001 ≥ S < 0.010	50% -30%	0.010 ≥ S < 0.050	30% - 15%	0.05 ≥ S < 0.10	15% - 8%	0.10 ≥ S < 0.50	8% - 6%	0.50 ≥ S < 1.00	6% - 5%	1.00 ≥ S < 2.00	5% - 4%	2.00 ≥ S < 5.00	4%	S > 5.00	< 4%
S LECO Infrarrojo																														
S (%)	Error (%)																													
S < 0.001	> 50%																													
0.001 ≥ S < 0.010	50% -30%																													
0.010 ≥ S < 0.050	30% - 15%																													
0.05 ≥ S < 0.10	15% - 8%																													
0.10 ≥ S < 0.50	8% - 6%																													
0.50 ≥ S < 1.00	6% - 5%																													
1.00 ≥ S < 2.00	5% - 4%																													
2.00 ≥ S < 5.00	4%																													
S > 5.00	< 4%																													



Tipo de flujo	Frecuencia de análisis	Tipo de muestreo/equipos	Límites detección As	Límite detección S	Técnica análisis As	Error As	Técnica análisis S	Error S																				
<b>Circulantes</b>																												
Carga fría (Fino)	Una muestra por campaña de chancado	Manual con pala de muestreo	50 ppm	0.01%	Digestión Acida - Espectrofotometría de AAS	5%	Leco Infrarrojo	<b>S LECO Infrarrojo</b> <table> <tr><th>S (%)</th><th>Error (%)</th></tr> <tr><td>S &lt; 0.001</td><td>&gt; 50%</td></tr> <tr><td>0.001 ≥ S &lt; 0.010</td><td>50% -30%</td></tr> <tr><td>0.010 ≥ S &lt; 0.050</td><td>30% - 15%</td></tr> <tr><td>0.05 ≥ S &lt; 0.10</td><td>15% - 8%</td></tr> <tr><td>0.10 ≥ S &lt; 0.50</td><td>8% - 6%</td></tr> <tr><td>0.50 ≥ S &lt; 1.00</td><td>6% - 5%</td></tr> <tr><td>1.00 ≥ S &lt; 2.00</td><td>5% - 4%</td></tr> <tr><td>2.00 ≥ S &lt; 5.00</td><td>4%</td></tr> <tr><td>S &gt; 5.00</td><td>&lt; 4%</td></tr> </table>	S (%)	Error (%)	S < 0.001	> 50%	0.001 ≥ S < 0.010	50% -30%	0.010 ≥ S < 0.050	30% - 15%	0.05 ≥ S < 0.10	15% - 8%	0.10 ≥ S < 0.50	8% - 6%	0.50 ≥ S < 1.00	6% - 5%	1.00 ≥ S < 2.00	5% - 4%	2.00 ≥ S < 5.00	4%	S > 5.00	< 4%
S (%)	Error (%)																											
S < 0.001	> 50%																											
0.001 ≥ S < 0.010	50% -30%																											
0.010 ≥ S < 0.050	30% - 15%																											
0.05 ≥ S < 0.10	15% - 8%																											
0.10 ≥ S < 0.50	8% - 6%																											
0.50 ≥ S < 1.00	6% - 5%																											
1.00 ≥ S < 2.00	5% - 4%																											
2.00 ≥ S < 5.00	4%																											
S > 5.00	< 4%																											
Carga fría (gruesa)	Una muestra por campaña de chancado	Manual con pala de muestreo	50 ppm	0.01%	Digestión Acida - Espectrofotometría de AAS	5%	Leco Infrarrojo	<b>S LECO Infrarrojo</b> <table> <tr><th>S (%)</th><th>Error (%)</th></tr> <tr><td>S &lt; 0.001</td><td>&gt; 50%</td></tr> <tr><td>0.001 ≥ S &lt; 0.010</td><td>50% -30%</td></tr> <tr><td>0.010 ≥ S &lt; 0.050</td><td>30% - 15%</td></tr> <tr><td>0.05 ≥ S &lt; 0.10</td><td>15% - 8%</td></tr> <tr><td>0.10 ≥ S &lt; 0.50</td><td>8% - 6%</td></tr> <tr><td>0.50 ≥ S &lt; 1.00</td><td>6% - 5%</td></tr> <tr><td>1.00 ≥ S &lt; 2.00</td><td>5% - 4%</td></tr> <tr><td>2.00 ≥ S &lt; 5.00</td><td>4%</td></tr> <tr><td>S &gt; 5.00</td><td>&lt; 4%</td></tr> </table>	S (%)	Error (%)	S < 0.001	> 50%	0.001 ≥ S < 0.010	50% -30%	0.010 ≥ S < 0.050	30% - 15%	0.05 ≥ S < 0.10	15% - 8%	0.10 ≥ S < 0.50	8% - 6%	0.50 ≥ S < 1.00	6% - 5%	1.00 ≥ S < 2.00	5% - 4%	2.00 ≥ S < 5.00	4%	S > 5.00	< 4%
S (%)	Error (%)																											
S < 0.001	> 50%																											
0.001 ≥ S < 0.010	50% -30%																											
0.010 ≥ S < 0.050	30% - 15%																											
0.05 ≥ S < 0.10	15% - 8%																											
0.10 ≥ S < 0.50	8% - 6%																											
0.50 ≥ S < 1.00	6% - 5%																											
1.00 ≥ S < 2.00	5% - 4%																											
2.00 ≥ S < 5.00	4%																											
S > 5.00	< 4%																											
Polvos metalúrgicos	Una muestra por retiro de polvo	Manual con pala de muestreo	50 ppm	0.01%	Digestión Acida - Espectrofotometría de AAS	5%	Leco Infrarrojo	<b>S LECO Infrarrojo</b> <table> <tr><th>S (%)</th><th>Error (%)</th></tr> <tr><td>S &lt; 0.001</td><td>&gt; 50%</td></tr> <tr><td>0.001 ≥ S &lt; 0.010</td><td>50% -30%</td></tr> <tr><td>0.010 ≥ S &lt; 0.050</td><td>30% - 15%</td></tr> <tr><td>0.05 ≥ S &lt; 0.10</td><td>15% - 8%</td></tr> <tr><td>0.10 ≥ S &lt; 0.50</td><td>8% - 6%</td></tr> <tr><td>0.50 ≥ S &lt; 1.00</td><td>6% - 5%</td></tr> <tr><td>1.00 ≥ S &lt; 2.00</td><td>5% - 4%</td></tr> <tr><td>2.00 ≥ S &lt; 5.00</td><td>4%</td></tr> <tr><td>S &gt; 5.00</td><td>&lt; 4%</td></tr> </table>	S (%)	Error (%)	S < 0.001	> 50%	0.001 ≥ S < 0.010	50% -30%	0.010 ≥ S < 0.050	30% - 15%	0.05 ≥ S < 0.10	15% - 8%	0.10 ≥ S < 0.50	8% - 6%	0.50 ≥ S < 1.00	6% - 5%	1.00 ≥ S < 2.00	5% - 4%	2.00 ≥ S < 5.00	4%	S > 5.00	< 4%
S (%)	Error (%)																											
S < 0.001	> 50%																											
0.001 ≥ S < 0.010	50% -30%																											
0.010 ≥ S < 0.050	30% - 15%																											
0.05 ≥ S < 0.10	15% - 8%																											
0.10 ≥ S < 0.50	8% - 6%																											
0.50 ≥ S < 1.00	6% - 5%																											
1.00 ≥ S < 2.00	5% - 4%																											
2.00 ≥ S < 5.00	4%																											
S > 5.00	< 4%																											



Tipo de flujo	Frecuencia de análisis	Tipo de muestreo/equipos	Límites detección As	Límite detección S	Técnica análisis As	Error As	Técnica análisis S	Error S																						
<b>Circulantes</b>																														
Escorias recuperadas	Una muestra por generación	Manual con pala de muestreo	50 ppm	0.01%	Digestión Acida - Espectrofometría de AAS	5%	Leco Infrarrojo	<table border="1"><thead><tr><th colspan="2">S LECO Infrarrojo</th></tr><tr><th>S (%)</th><th>Error (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>S &lt; 0.001</td><td>&gt; 50%</td></tr><tr><td>0.001 ≥ S &lt; 0.010</td><td>50% -30%</td></tr><tr><td>0.010 ≥ S &lt; 0.050</td><td>30% - 15%</td></tr><tr><td>0.05 ≥ S &lt; 0.10</td><td>15% - 8%</td></tr><tr><td>0.10 ≥ S &lt; 0.50</td><td>8% - 6%</td></tr><tr><td>0.50 ≥ S &lt; 1.00</td><td>6% - 5%</td></tr><tr><td>1.00 ≥ S &lt; 2.00</td><td>5% - 4%</td></tr><tr><td>2.00 ≥ S &lt; 5.00</td><td>4%</td></tr><tr><td>S &gt; 5.00</td><td>&lt; 4%</td></tr></tbody></table>	S LECO Infrarrojo		S (%)	Error (%)	S < 0.001	> 50%	0.001 ≥ S < 0.010	50% -30%	0.010 ≥ S < 0.050	30% - 15%	0.05 ≥ S < 0.10	15% - 8%	0.10 ≥ S < 0.50	8% - 6%	0.50 ≥ S < 1.00	6% - 5%	1.00 ≥ S < 2.00	5% - 4%	2.00 ≥ S < 5.00	4%	S > 5.00	< 4%
S LECO Infrarrojo																														
S (%)	Error (%)																													
S < 0.001	> 50%																													
0.001 ≥ S < 0.010	50% -30%																													
0.010 ≥ S < 0.050	30% - 15%																													
0.05 ≥ S < 0.10	15% - 8%																													
0.10 ≥ S < 0.50	8% - 6%																													
0.50 ≥ S < 1.00	6% - 5%																													
1.00 ≥ S < 2.00	5% - 4%																													
2.00 ≥ S < 5.00	4%																													
S > 5.00	< 4%																													